

DER PHYSIK UND CHEMIE.

BAND LXXI

I. Ueber das Schillern von Krystallflächen;
von Wilh. Haidinger.(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus den naturwissenschaftl. Abhandl. d. Freunde
d. Naturwiss. in Wien.)¹⁾

Wenn man vollkommen homogen erscheinende Körper mit glatten ebenen Flächen versieht, so dass sie als Spiegel auf die Zurückstrahlung des Lichtes wirken können, so zeigen sie nach der Vollkommenheit dieser Flächen verschiedene Grade des Glanzes. Aber auch ihre Farben sind verschieden.

Bekanntlich wird das Licht durch die Zurückstrahlung von spiegelnden Flächen polarisiert, und zwar erhält man von Glas und ähnlichen Körpern, von lackirten Flächen, von Krystallen mancherlei Art und unter dem nach der Brechkraft der Körper verschiedenen *Polarisationswinkel*, vollständig polarisiertes Licht. — Das Nicol'sche Prisma, Arago's Polariskop, die achromatisirten Kalkspathprismen und ähnliche Vorrichtungen sind ganz geeignet zu untersuchen, wie viel von dem Lichte durch die Zurückwerfung in der Einfallsebene polarisiert worden ist, und wie viel der Polarisation entging. Sehr brauchbar ist unter andern zu diesem Zwecke die dichroskopische Lupe, eine Combination einer gewöhnlichen Lupe mit einer Theilungsgestalt von Kalkspath, um die zwei entgegengesetzt polarisierten Bilder hervorzubringen²⁾. Hält man die zwei Bilder der Blendung so, dass eins über dem andern liegt, und zwar

1) Eine vorläufige Nachricht von dieser Arbeit findet sich schon in den Ann. Bd. 70, S. 574. P.

2) Beschrieben in einer früheren Abhandlung über den Pleochroismus der Krystalle. Abb. der K. böh. Gesellsch. d. Wissenschaften. I. Folge. Bd. 3. Poggendorff's Ann. Bd. 65, S. 1.

das *ordinäre* zu oberst, so ist man genau zur Beurtheilung der Erscheinungen orientirt.

Man bemerkt leicht die gelben Polarisationsbüschel in den beiden Bildern. Ist der Büschel in dem obern Bilde vertical, dann ist die Stellung die richtige.

Betrachtet man nun die Zurückwerfung gewöhnlichen zerstreuten Lichtes, z. B. das helle Grau der Wolken, von einer vollkommen geschliffenen Glasfläche, so geht alles zurückgeworfene Licht durch das obere Bild *E*, während das untere *O* glanzlos erscheint. Ersteres ist nämlich der ordinäre, letzteres der extraordinäre Strahl des Kalkspaths. Das untere Bild ist schwarz, wenn man entweder schwarzes Glas genommen, oder sonst dafür gesorgt hat, dass kein fremdes Licht aus dem Innern des durchsichtigen Glases in's Auge gelangt. Alles unter dem Polarisationswinkel.

Ist das Glas durchsichtig und farbig oder undurchsichtig von Brewster's *weisser Undurchsichtigkeit*, aber zugleich farbig, so erscheint das obere Bild hell, das untere matt und zugleich farbig. Nimmt man die Quelle des Lichtes hinweg, so erscheinen beide Bilder von gleicher Farbe und keines derselben heller als das andere. Das farbige Licht aus dem Innern des Körpers ist nicht polarisiert, sondern es ist zerstreutes Licht. Die Farbe aber ist, wie Dr. Batzenhart erst kürzlich ganz richtig bemerkt hat¹⁾, nicht gleich von der Oberfläche zurückgestrahlt, sondern muss erst tiefer in den Körper eindringen, aus dem es dann als zerstreutes Licht aus modifizirender Quelle heraustritt. Ueber und unter dem Polarisationswinkel tritt aber auch zurückgeworfenes Licht in das untere Bild ein.

Bei den Metallen, bei denen viele Zurückstrahlungen erst eine vollkommene Polarisation hervorbringen, geht viel zurückgeworfenes Licht in das untere Bild *E*. Metalle, mit einem durchsichtigen gläuzenden Ueberzuge versehen, färben beide Bilder, aber das obere ist durch die stärkere Zurückstrahlung von der ersten Oberfläche weißer. Wenn man den zurückzuwerfenden Lichtstrahl erst durch Gläser färbt,

1) S. Ann. Bd. 68, S. 291.

sind beide Bilder farbig. Angelaufene Flächen, die also mit dünnen Blättchen fremder Substanzen überzogen sind, zeigen gleichfalls analoge, aber mannigfaltige, zum Theil sehr sonderbare Erscheinungen. Interferirt z. B. das zurückgeworfene Licht nur von der Oberfläche des Ueberzugs mit seiner untern Fläche, so ist alles Licht ordinär polarisiert, und die Farbe geht dann gänzlich in das obere Bild, wie bei gewöhnlichem angelaufenem Messing. Wurde ein extra-ordinär gebrochener Strahl gebildet, der mit der Rückstrahlung von der metallischen Oberfläche interferiren kann, da er senkrecht auf die Einfallsebene des Strahls polarisiert ist, so erhält man auch im untern Bilde Blättchenfarben, wie bei angelaufenem Stahl.

Alle diese Verhältnisse finden indessen unter jedem Azimut statt. Als physikalische Erscheinungen, zu dem Zwecke die Gesetze der Art der Einwirkung der Körper auf das Licht zu ergründen, waren sie längst Gegenstand der Forschungen der HH. Arago, Biot, Brewster, Herschel, Melloni u. A. Für die Erscheinung an unorganischen Individuen, an den Krystallen fehlt noch so Vieles, daß Physikern und Mineralogen noch ein weites Feld der Bearbeitung offen steht.

Während die unter jedem Azimut stattfindenden Erscheinungen sich gleichmäsig auf amorphe und krystallinische, unter den letztern auf einfache und zusammengesetzte Körper beziehen, giebt es auch eigenthümliche Vorkommen, die streng von der Krystallgestalt abhängig sind, und zu deren Studium man nothwendig die regelmäsig Form kennen und vergleichen muß. Dahir gehört insbesondere das *Schillern der Krystall- und Theilungsflächen*, nämlich der nach bestimmten Richtungen orientirte Metallglanz, theils im gewöhnlichen, theils im polarisierten Lichte auf vollkommen durchsichtigen Körpern. Die dahingehörigen Erscheinungen verbinden auf eine höchst eigenthümliche Weise die bis jetzt bekannten Arten des Glanzes.

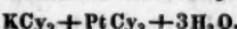
Mehrere von diesen Vorkommen sind von den Chemikern bei ihrer Darstellung beobachtet und beschrieben wor-

den, so das Kalium-Molybdän-Sulfid ¹⁾), das Kalium-Platin-Cyanür-Cyanid ²⁾), das Wasserstoff-Platin-Cyanür ³⁾) u. a. m. Hrn. Prof. Redtenbacher in Prag verdanke ich insbesondere das schöne Magnesium-Platin-Cyanür, dessen Eigenchaften den Gegenstand einer Mittheilung machten, die in dem Berichte von der Versammlung von Freunden der Naturwissenschaften in Wien, am 4. Mai 1846, auszugsweise enthalten sind ⁴⁾.

Ich habe seitdem mehrere Krystalle mehr und weniger vollständig zu untersuchen Gelegenheit gehabt, die analoge Eigenschaften besitzen, und obwohl es bisher noch nicht gelungen ist, ähnlich der Farbenvertheilung des Durchsichtigkeits-Pleochroismus, allgemeine Gesetze für alle Erscheinungen dieses metallischen Schillers aufzufinden, so sind die einzelnen Beobachtungen doch zu glänzend und anziehend, als das man nicht versucht seyn sollte, sie zeitlich bekannt zu machen und den Kreis zu erweitern, innerhalb dessen ihre wissenschaftliche Untersuchung zu erwarten ist, und diejenigen allgemeinen Resultate zusammen zu stellen, die sich ungezwungen anreihen lassen.

Auch der grosse Physiker Sir David Brewster hat ihnen kürzlich seine Aufmerksamkeit gewidmet und in der Versammlung der englischen Naturforscher zu Southampton die Beschreibung des chrysaminsauren Kalis gegeben, deren Kenntniß ich Poggendorff's Annalen verdanke ⁵⁾.

I. Kalium - Platin - Cyanür.



Bekanntlich wurde dieses Salz von L. Gmelin ⁶⁾ entdeckt und die eigenthümliche Thatsache beschrieben, daß

1) Berzelius 5. Aufl. Bd. 3, S. 204.

2) Knop, VVöhler und Liebig's Ann. Bd. 43, S. 113 1842.

3) Berzelius 5. Aufl. Bd. 3, S. 983.

4) Wiener Zeitg. v. 12. Mai 1846. Poggend. Ann. Bd. 68, S. 302.

5) 1846. Heft 12, Bd. 69, S. 552. Phil. Mag. Ser. III, Vol. XXIX, p. 331.

6) Berzelius 5. Aufl. Bd. 3, S. 985.

es gelb durchsichtig ist, aber blau erscheint, wenn die langen vierseitig prismatischen Krystalle eine solche Lage haben, daß das Licht etwa von einer Endfläche der Krystalle zurückgeworfen würde.

Die Farbe ist bei möglichst senkrechtem Einfalle auf einen senkrecht auf die Axe stehenden Querbruch schön himmelblau, doch milchig, während die Krystalle doch auch in der Richtung der Axe untersucht, vollkommen klar und durchsichtig sind. Der Quere gehalten, werfen die Prismen scheinbar weisses polarisiertes Licht zurück; nach der Länge besehen, erscheint oft ein bläulicher Lichtschein.

Die Sonderung der senkrecht aufeinander polarisierten Lichtbündel durch die dichroskopische Lupe erlaubt eine genauere Orientirung.

Beobachtung 1. Hält man die Prismen spiegelnd nach der Quere (Fig. 1, Taf. II), so ist das obere Bild *O* glänzend von Glasglanz, das untere *E* völlig glanzlos.

Beobachtung 2. Hält man die Prismen nach der Länge (Fig. 2, Taf. II), so ist das obere Bild *O* ebenfalls glänzend und farblos, aber das untere *E* zeigt auf allen vier Flächen einen deutlichen blauen Lichtschein.

An der Oberfläche der Prismen wird daher das Licht bei dem Begegnen mit den Krystallen erst in zwei weisse Anteile zerlegt. Ein Theil wird als gewöhnliches theilweise oder vollständig polarisiertes Licht, unabhängig von den Krystallgestaltsverhältnissen *weiß* zurückgeworfen, der andere dringt in den Krystall ein. Dieser andere Theil wird zerlegt, in einen gelben und einen blauen Anteil. Der gelbe erscheint als Farbe des Krystals, der blaue wird nicht absorbirt, sondern er wird wenigstens theilweise zurückgeworfen, und zwar so, daß er jederzeit in der Richtung der Basis der Krystallformen oder in einer Ebene senkrecht auf die Axe polarisiert ist.

Beobachtung 3. Das von einer Endfläche oder dem Querbruch der Prismen möglichst senkrecht zurückgeworfene Licht ist in *O* und *E* gleich blau (Fig. 3, Taf. II). Bei der Zurückstrahlung unter dem Polarisationswinkel über-

windet zwar der Glanz des oberen Bildes die schwache blaue Farbe, welche nur im untern übrig bleibt, aber da man unter jedem Azimut dieselbe Erscheinung beobachtet, so sendet die Endfläche offenbar aus dem Körper einen Theil ausserordentlich polarisirten Lichtes auch in jeden Azimut zurück.

Beobachtung 4. Die Durchsichtigkeitsfarbe ist ein blasse Schwefelgelb, in dünnen Krystallen nahe farblos. Dennoch kann man bei genauer Vergleichung durch die dichro-skopische Lupe in dem untern Bilde *E* einen im Vergleich mit *O* etwas mehr strohgelben Ton entdecken (Fig. 4, Taf. II). Combinirt man diesen in Gedanken mit einem Theile des zurückgeworfenen Blau, so werden zuerst die beiden Farben, der Axe und der Basis, wieder in Uebereinstimmung gebracht, doch muss ein Ueberschuss von Blau zurückgeworfen werden, da doch stets die gelbe Farbe der Krystalle deutlich erkennbar ist.

2. Baryum-Platin-Cyanür.

Dieses Salz verdanke ich Hrn. Prof. Dr. Redtenbacher, in dessen Laboratorio es schon im verflossenen Winter von Hrn. Dr. Quadrat dargestellt wurde. Seine Mischung ist abgesehen vom Wassergehalte durch die Formel $Pt_5Ba_6Cy_{11}$ dargestellt. Eine ausführlichere krystallographische Beschreibung muss einer andern Gelegenheit vorbehalten bleiben, da die Krystalle, obwohl luftbeständig, und oft reichlich zwei Linien lang und über eine halbe Linie breit, doch in mancher Beziehung noch Besseres zu wünschen übrig lassen. Sie sind achtseitige Prismen nach Hrn. v. Hauer's Messung mit dem Reflexionsgoniometer, auf ein rhombisches Prisma von 100° und 80° , und seine zwei rechtwinkelichen Diagonalen zu bringen. Aber die Flächen sind so unregelmässig vergrössert, dass gewöhnlich einer breitern mehr ausgedehnten eine parallele weniger ausgedehnte entspricht. Die Enden sind durch schiefe, nicht parallel stehende und senkrecht gegen einander gestreifte Flächen begrenzt, aber für die genaue Ausmittelung der durch die

Flächenstellung überhaupt angedeuteten gyroidischen und zugleich polarischen Hemiedrie des orthotypen Systems waren die Krystalle, die ich besaß, doch nicht genügend.

Desto schöner und lebhafter ist die Erscheinung des herrlichen Blau, welches unter Verhältnissen, dem Kalium-Platin-Cyanür genähert, doch wieder in vieler Beziehung abweichend, aus den übrigens blaßgelben Krystallen oberflächlich zurückgeworfen erscheint.

Beobachtung 1. Der Quere nach gehalten, wie Fig. 1, Taf. II., ist das obere Bild der dichroskopischen Lupe weiss, das untere gänzlich farb- und glanzlos; alles Licht ist in einer Ebene senkrecht auf die Axe des Krystals polarisiert, aber das weisse ist so viel heller, daß durch die Empfindung das Blau gänzlich überwältigt wird.

Beobachtung 2. Der Länge nach gehalten gibt jede Krystallfläche in der dichroskopischen Lupe ein oberes weisces Bild, und ein unteres schön lasurblaues. Natürlich ist das weisse Licht in der Richtung der Axe, das blaue senkrecht darauf polarisiert.

Beobachtung 3. Die Spiegelung eines Gegenstandes in den Krystallflächen mit dem unbewaffneten nahe gehaltenen Auge, in jedem beliebigen Azimut beobachtet, gibt ein Bild auf bläulichem gleichförmigen Grunde. Die beiden Lichtsorten sind stets gleich gemischt und werden nur durch zweckmäßig angewandte Mittel gesondert.

Bei dem Kalium-Platin-Cyanür waren es die Endflächen, hier sind es die Seitenflächen der Prismen, die das Blau zeigen. Von den geneigten Endflächen erhält man keine genügende Reflexionsbeobachtungen.

Beobachtung 4. Wenn man einen Krystall gerade vor sich gegen das Licht so hinhält, daß er durch die Fläche A hindurch im Innern erleuchtet wird, so erscheint die Kante zwischen den Flächen A und B von einem wundervoll reichen zeisiggrünen Lichtschein erfüllt. Dieser geht in der dichroskopischen Lupe ganz in das obere Bild O, ist also durch Zurückstrahlung hervorgebracht und polarisiert, während das untere E die reingelbe gleichförmige Durchgangsfarbe der Krystalle zeigt.

Beobachtung 5. Wenn in der vorigen Fig. 5 das zerstreute Licht durch die Seitenflächen *B* einfällt, so beobachtet man die hellgrünen Ränder mit bloßem Auge auch durch die Endfläche *A*, aber das Grün wird dann nicht durch die dichroskopische Lupe zerlegt.

Beobachtung 6. Die Krystalle im durchfallenden Licht durch die dichroskopische Lupe untersucht, wie oben Fig. 4, Taf. II, geben das obere Bild *O* ganz hell, reingelb, das untere mit reichen rothen und grünen Beimischungen prismatischer Farben. Die Winkelmaafse und die Gröfse des Brechungsverhältnisses geben gerade dem extraordinairen Strahl die erforderliche Lage; doch mag dies hier nur kürzlich erwähnt werden.

3. Magnesium-Platin-Cyanür.

Auf dieses herrliche Product der Krystallisationskraft bezogen sich die am 4. Mai 1846 mitgetheilten Angaben, wo sie als eine ganz neue Klasse optischer Erscheinungen bezeichnet wurden. Es wurde wie das vorhergehende in Hrn. Prof. Redtenbacher's Laboratorio von Hrn. Dr. Quadrat dargestellt. Die Mischung ist der vorhergehenden analog Pt, Mg, Cy .

Die Krystalle sind quadratische Prismen, einige davon mit einer diagonalen Pyramide combinirt, deren Axenkanten nahe $126^{\circ} 21'$, die Kanten an der Basis nahe $79^{\circ} 18'$ betragen, nach den Messungen des Hrn. Dr. Springer. Außerdem finden sich noch in schmalen Flächen die der ersten Pyramide *P* parallele flächere Pyramide $\frac{1}{2}P$, ferner ein Zirkonoid zwischen den Flächen von *P* und $\frac{1}{2}P$, endlich in schmalen Abstumpfungen das parallele Prisma ∞P .

Dünne Krystalle sind häufig in Rosen gruppiert, die in allen Richtungen zugleich der Beobachtung dargeboten die mannigfältigsten carminrothen Farben im durchfallenden und grüne und blaue metallische Farben im zurückgeworfenen Lichte zeigen.

Beobachtung 1. Einzelne Krystalle erscheinen dem bloßen Auge im Durchsehen carminrot. Untersucht man sie

durch die dichroskopische Loupe, wie in Fig. 4, Taf. II, so sind bei einer Dicke von einer halben Linie schon beide Bilder nicht zu unterscheiden und von dem schönsten Carminroth. Dünnerne zarte Krystalle haben das obere ordinäre Bild mehr in das Carmesinrothe geneigt, wodurch in dünnen Krystallen die Farbe der Basis mehr, die Farbe der Axe weniger bläulich erscheint. Was in dem früheren Berichte carminroth und blutroth genannt wurde, stellt sich bei Untersuchung mehrerer besonders dickerer Krystalle, bis zu $\frac{3}{4}$ Linien, besser auf carmesin- und carminroth. Das prismatische Spectrum eines Stearinlichtes durch eine Krystallplatte zwischen den Prismenflächen besehen, zeigt keine Spur einer Farbe als ein reines Roth.

Beobachtung 2. Die Endfläche *O* gewöhnlich nicht besonders glänzend, erscheint dem bloßen Auge mit einem gedämpften dunkelblauen Lichtschein. Durch die dichroskopische Lupe ist wie in Fig. 3, Taf. II, bei ziemlich senkrechtem Einfall *O* und *E* gedämpft lasurblau. Je glätter die Fläche, desto mehr ist das blaue von dem rückstrahlenden weissen Licht unterdrückt. Unter dem Polarisationswinkel geht alles weisse Licht durch den ordinären Strahl, und alles Lasurblau des extraordinaire erscheint dann mit einer Kraft und Reinheit, dass man ein schöneres Blau kaum je so vollkommen sehen kann. Jedes Azimut zeigt diese Erscheinung. Die Endfläche giebt also, wie bei dem Kalium-Platin-Cyanür, eine äußerliche Zurückwerfung von weissem Lichte, wie alle glatten Körper, und eine Zurückwerfung von blauem Licht, das nicht absorbit worden ist. Parallel der Endfläche findet in den Krystallen Theilbarkeit statt. Auf den glatten Theilungsflächen lassen sich die Erscheinungen besonders gut studiren.

Beobachtung 3. Die Seitenflächen der Prismen erscheinen dem bloßen Auge grün metallisch glänzend. Hält man sie nach der Quere, wie in Fig. 1, Taf. II, so haben sie bei nahe senkrecht einfallendem Lichte einen grasgrünen Metallglanz, der bei immer grössern und grössern Einfalls-winkeln durch eine gelblichgrüne, speisgelbe und tomback-

braune Metallbronze hindurch wechselt; endlich erscheint ein farbloser Reflex, durch den hindurch man das nicht metallische Roth erkennt. Theilungs- und Bruchflächen zeigen ähnliche Verhältnisse.

Beobachtung 4. Hält man die Prismen der Länge nach, wie in Fig. 2, Taf. II, so ist zuerst die Farbe senkrecht zurückgeworfen der nämliche grasgrüne Metallglanz. Bei grössern Einfallswinkeln erscheint die Farbe smaragdgrün, spanggrün, entenblau, lasurblau, bis zu dem letzten farblosen Reflex, unter dem das Roth des Krystalls durchscheint. Alles gleichviel bei äussern Krystall- oder bei innern Bruch- oder Theilungsflächen.

Beobachtung 5. Die der Quere nach gehaltenen Prismen durch die dichroskopische Lupe nahe senkrecht betrachtet geben das obere Bild ganz mit der metallisch-grünen Farbe, das untere hat Glasglanz, ist also durchscheinend roth. Bei immer grössern Einfallswinkeln wechselt das obere Bild durch die gelbliche metallische Farbenreihe in das Farblose, wie oben in Beobachtung 3, während sich im untern Bilde ein schönes Lasurblau entwickelt.

Beobachtung 6. Der Länge nach, wie Fig. 2, Taf. II, durch die dichroskopische Lupe analysirt, ist bei nahe senkrechtem Einfall das obere Bild durchscheinend roth, das untere metallisch-grün reflectirt. Bei grösserem Einfallwinkel verbindet sich das Blau mit dem metallischen Grün, die Farben verlaufen sich durch die bläuliche metallische Reihe in das Farblose, wie oben in Beobachtung 4, während das obere Bild den reinen Glasglanz der Oberfläche erhält.

Bei den mannigfaltigsten Incidenzen besteht also das zurückgeworfene Licht:

1. Aus weissem Lichte, das unter dem Polarisationswinkel ganz in das obere Bild geht.
2. Aus metallisch-grünem Lichte, das in der Ebene senkrecht auf die Axe polariert ist, und daher bei der Querstellung durch das obere, bei der Längenstellung durch das untere Bild geht.

3. Aus lasurblauem Lichte, das bereits in allen Azimuten senkrecht auf die Einfallsebene polarisirt ist, und daher bei der Querstellung in dem untern Bilde der Lupe erscheint, bei der Längenstellung sich dem grünen metallischen beimischt, mit dem ein Theil in der Polarisationsrichtung übereinstimmt.

Beobachtung 7. Die Pyramidenflächen zeigen bei der Analyse durch die dichroskopische Lupe sehr schöne Lichteffekte. Der Länge nach gehalten, ist das obere Bild weiss, das untere lasurblau. Der Quere nach ist das obere Bild blaulichgrün, mit dem starken weissen reflectirten Lichte gemischt, das untere blau. Es sind Mitteltöne zwischen den End- und Seitenflächen.

Beobachtung 8. Die verticalen Flächen des Prismas ∞P , welches die Kanten von $\infty P'$ abstumpft, haben genau die Beschaffenheit dieser letztern.

Beobachtung 9. Obwohl eine Combination der früher auseinandergesetzten Beobachtungen, darf ich, ihres besondern Contrastes und ihrer wunderbaren Schönheit wegen, folgende Beobachtung nicht übergehen.

Man lege zwei nahe gleich grosse Krystalle, jeden etwas länger als breit dergestalt auf eine gemeinschaftliche Unterlage neben einander, dass ihre Axen rechte Winkel miteinander einschliessen und sich, wie in Fig. 6, Taf. II, mit einer Ecke der Seitenansicht berühren. Die Längsstellung des einen ist die Querstellung des andern. Während bei der Betrachtung sowohl mit freiem Auge als durch die dichroskopische Lupe die Erscheinungen des einen Krystals durch die Phasen der gelblich metallischen Färbung gehen, folgen die des andern den bläulichen Farbtönen und umgekehrt. Die doppelten Gegensätze erscheinen glänzend in den verschiedenen Azimuten. In der Fig. 6, Taf. II, dargestellten Lage ist die Farbe der vier durch die dichroskopische Lupe erscheinenden Flächen

O I. tombakbraun, E I. spanggrün,

O II. grasgrün, E II. lasurblau.

Bei andern Elevationen oder Einfallswinkeln, bei andern

Azimutalwinkel werden natürlich auch verschiedene wechselnde Farbtöne erscheinen; die hier dargestellten erhält man nahe an dem Polarisationswinkel und bei einem Azimutalwinkel von etwa $22\frac{1}{2}^\circ$, nahe intermediär zwischen der Längs- und Querrichtung der beiden gemeinschaftlichen von 45° Abweichung.

Beobachtung 10. Mit einem glatten Messer auf eine Glasplatte aufgedrückt und glatt gestrichen, erhält man eine dunkle violette, selbst noch etwas bräunliche Fläche. Die dichroskopische Lupe zerlegt den zurückgeworfenen Strahl. Das obere ordinäre Bild enthält alles von der Oberfläche zurückgeworfene weiße Licht, unter dem Polarisationswinkel vollständig polarisiert, das untere Bild ist schön lasurblau, so wie die Krystallflächen selbst, und zwar von Licht, das in allen Azimuten senkrecht auf die Einfallsebene polarisiert ist. Diese Farbenzertheilung hängt daher nicht von der Krystallgestalt ab, sondern ist jedem einzelnen Theilchen der Substanz eigenthümlich.

Beobachtung 11. Ein Tropfen der Auflösung des Magnesium-Platin-Cyanürs in Wasser auf einer weißen Glasplatte schnell verdampft, giebt einen grünen metallisch-glänzenden Ueberzug, durchsichtig roth. Sind die Krystalle so klein, daß sie nur den Gesammeindruck des metallischen Grün machen, so zerlegt die dichroskopische Lupe die Erscheinung in ein oberes metallisches Gelblichgrün, und in ein unteres metallisches Bläulichgrün, z. B. Grasgrün und Smaragdgrün, nach Maafgabe des Einfallswinkels; das obere Bild entsteht durch die der Quere, das untere durch die der Länge nach liegenden Krystalle. Jedes Azimut giebt die gleiche Erscheinung.

Noch mögen hier einige Bemerkungen beigefügt werden. Die Krystalle des Magnesium-Platin-Cyanürs werden durch eine geringe Temperaturerhöhung zerstört. Die Form bleibt, aber die Farbe wird ein blasses Gelb. Etwas befeuchtet, wird die Oberfläche wieder metallisch-glänzend und der Körper roth, doch in neuer individueller Anordnung. In Wasser sind sie sehr leicht löslich, und zwar mit blasigelb-

licher Farbe, ja die Auflösung kann beinahe farblos genannt werden. Läßt man kleine Mengen derselben in cylindrischen Probgläschen, wie man sie in den bekannten Gestellen hat, langsam abdampfen, so krystallisiren verhältnismäfsig recht deutlich gröfsere Krystalle. Auf der Oberfläche der Flüssigkeit liegend, werden einzelne um und um ausgebildete abgelagert, die dann vorzüglich gut für die Untersuchung der optischen im Vorhergehenden beschriebenen Eigenschaften geeignet sind. In gröfsern Gefäßen mit breiter Oberfläche sieht man bei etwas schnellerem Fortgang der Verdampfung mit Bewunderung aus der nahe farblosen Flüssigkeit die hochrothen Krystalle in regelmäfsig gruppierten rosenförmigen Zusammenhäufungen sich absetzen, deren äussere fast horizontal liegende Individuen ihre metallisch-glänzenden Seitenflächen zeigen, während man an den der senkrechten Lage genäherten mittleren Krystallen dem Lasurblau der Endflächen begegnet.

4. Murexid.
Der goldglänzende Körper, ähnlich in Farbe und Glanz den Flügeln der Goldkäfer¹⁾, von den Chemikern auf mancherlei Weise bereitet, entspricht der Formel $C_{12}H_6N_5O_8$. Er ist sehr dunkelroth im durchfallenden, und bei nahe senkrecht auffallend zurückgeworfenem Lichte von einer Farbe, deren Bezeichnung metallisch-pistaziengrün genannt werden könnte.

Ich verdanke die freundliche Mittheilung dieses schönen Körpers in zwei Parthien Hrn. Prof. Redtenbacher in Prag und Hrn. Prof. Ragski; aber die Krystallblättchen waren so klein, daß ich ihre Form noch nicht erkennen konnte, und daher gröfsere und erkennbare mit wahrem Dankgefühle der Untersuchung unterwerfen möchte. Sie scheinen sogar zwillingssartig gruppirt zu seyn, was bei den geringen Abmessungen die Schwierigkeiten bedeutend vermehrt. So viel ist deutlich, daß die Krystallblättchen eine gröfsere Längenausdehnung als Breite und Dicke besitzen,

1) Wöhler, Organische Chemie. 1844. S. 165.

dafs aber der aus den beiden letztern bestehende Querschnitt ein längliches Rechteck ist.

Beobachtung 1. Breite Fläche. In der Querstellung, bei nahe senkrecht einfallendem und zurückgeworfenem Lichte, wie Fig. 1, Taf. II, ist durch die dichroskopische Lupe das obere und untere Bild nahe gleich von dem obigen Pistaziengoldgrün. Größere Einfallswinkel bringen das obere ordinäre Bild durch Messinggelb, reines Goldgelb und Speisgelb in einen röhlichen nahe nicht-metallischen Ton, während das untere Bild durch grasgrün, smaragdgrün, spangrün sämmtlich metallisch in ein dunkles grünliches Indigblau, fast Stahlblau zu nennen, übergeht.

Beobachtung 2. Breite Fläche. In der Längenstellung, wie Fig. 2, Taf. II, ist das obere Bild mehr in das Messinggelbe und Grasgrüne geneigt, das untere hält sich in den goldgelben und tombackbraunen Farbtönen ohne Blau.

Beobachtung 3. Schmale Fläche der Blättchen. In der Querstellung dem bloßen Auge erscheint ein dem Speisgelben naher metallischer Farbenton. Die dichroskopische Lupe zertheilt ihn in ein oberes Speisgelb, in der Richtung senkrecht auf die Blättchen polarisiert, und in ein unteres Lasurblau, das bei mittleren Einfallswinkeln am lebhaftesten ist, und gegen den senkrechten Einfall und bei größern Einfallswinkeln an Stärke abnimmt.

Beobachtung 4. Schmale Fläche. Der Länge nach untersucht, wie in Fig. 2, Taf. II, enthält das obere Bild lediglich das von der Oberfläche zurückgeworfene und in dem Polarisationswinkel also sämmtliches polarisiertes Licht. Das untere Bild ist metallisch-spangrün. Alles gelbe metallische Licht ist in der Richtung senkrecht auf die Axe polarisiert, das blaue aber in allen Azimuten, es mischt sich daher in der letzten Richtung dem extraordinären Grün bei.

Beobachtung 5. Mit einem glatten Messer auf eine Glassplatte glatt aufgestrichen, nimmt das Murexid den Metallglanz und die pistaziengoldgrüne Farbe an. Diese ist in der dichroskopischen Lupe bei senkrechtem Einfall nahe gleich in beiden Bildern. Bei geneigten Lagen ist unter

jedem Azimut das ordinäre obere Bild messinggelb, das untere tief grünlich-indigblau, etwa stahlblau zu nennen. Auf diese Erscheinung hat keine Krystallstructur Einfluss. Es ist die Wirkung der kleinsten Theilchen der Materie selbst, wie bei dem Magnesium-Platin-Cyanür.

Die Krystalle, die ich untersuchen konnte, waren so klein, dass es mir nicht gelungen ist, die Erscheinungen zu beobachten, welche auf der dritten, auf den beiden beschriebenen senkrecht stehenden Fläche oder der Base, stattfinden, und die man unmittelbar kennen muss, um eine zusammenhängende Darstellung des ganzen Phänomens für die Krystall-Individuen zu unterwerfen. Es würden sich vielleicht Beziehungen ähnlich denen herausstellen, welche für die durch Transmission trichromatischen Krystalle gelten.

Die Krystalle sind übrigens durch eine auf die schmalen Seiten aufgesetzte schiefe Endfläche begrenzt. Gerade vor die dichroskopische Lupe gestellt, und wie Fig. 4, Taf. II, beobachtet, zeigen sich das obere ordinäre Bild ganz dunkel und undurchsichtig, das untere von einem schönen Violblau.

5. Grünes Hydrochinon.

Ich verdanke meinem verehrten Freunde Wöhler eine Probe dieses Körpers. Er theilt im Allgemeinen das Ansehen des vorigen, nur ist er noch dunkler in der Farbe.

Die einzige an den höchst feinen Krystallpartikelchen sichtbare Fläche zeigt, der Quere nach beobachtet, eine dem Messinggelben ähnliche, nur noch etwas mehr grünliche Metallfarbe, die in das obere Bild der dichroskopischen Lupe übergeht, während das untere glanzlos bleibt. Der Länge nach ist das obere Bild von dem oberflächlich polarisierten Lichte glänzend, das untere metallisch. Die grünlichgelbe Metallfarbe ist also senkrecht auf die Axe der feinen Krystallnadelblättchen polarisiert.

Im Ganzen erscheinen die aufeinandergehäuften Krystalle zusammen dunkelgrünlich-schwarz, mit einem in der Sonne zu beobachtenden messingartigen Flimmern. Die allerfein-

sten Krystalltheilchen scheinen in der Sonne dunkelblutroth durch.

Als Pulver mit einem glatten Messer auf eine glatte Glasplatte gestrichen, ist die Farbe im durchfallenden Lichte dunkelviolblau. Bei senkrechtem Einfall sind beide Bilder der dichroskopischen Lupe gleich tombakbraun, in das Speisgelbe geneigt. Bei grössern Winkeln gehen die Töne auseinander. Das obere Bild geht in bräunliches Speisgelb, das untere in ein dunkles Stahlgrün, schwärzlichgrün mit metallischem Schiller.

6. Oxalsaures Platinoxydul.

Dieses Salz Pt $\ddot{\text{C}}$ ⁴) wurde vom Hrn. Dr. Schneider, Assistenten der Lehrkanzel für Chemie an der K. K. Universität, auf meine Bitte dargestellt. Die höchst zarten Krystalle scheiden sich mit kupferrothem Metallglanz in der olivegrünen Auflösung ab. Um doch grössere Flächen optisch untersuchen zu können, strich ich eine Parthe derselben, parallel liegend, mit einem glatten Messer auf Glas.

Der Quere nach untersucht, ist das obere Bild O der dichroskopischen Lupe dunkel, mit wenigem dem stahlfarbigem genährten Blau, das untere E dunkel kupferroth, bei grösserer Neigung tombakbraun in das Speisgelbe. Bei nahe senkrechtem Einfall nähern sich beide Bilder einem metallischen Violblau.

Der Länge nach ist das obere Bild glänzend violblau in das Kupferrothe fallend, das untere von einem reinen, aber matt Kupferroth, ähnlich dem rothen Metallbronze.

In allen Azimuten verworren, auf Glas gestrichen, ist das obere Bild glänzender von einem bräunlichen Violblau, das untere ist matt kupferroth.

Mit Canadabalsam zwischen zwei Glasplatten gebracht und in verticaler Lage der feinen Krystallfasern untersucht, ist das obere Bild licht, das untere dunkel. Es war bei der ungemeinen Zartheit der Fasern nicht möglich, eine wirkliche Farbe zu unterscheiden.

Ue-
1) Berzelius 5. Aufl. Bd. 3, S. 988.

Ueberlässt man eine Auflösung der langsamen Verdunstung in einem cylindrischen Probglaſe, so setzen sich an der Stelle, von der das Wasser verschwand, ganz feine Krystallbüſchel an. Diese sind nun leichter zu untersuchen. In dem obern Bilde der dichroskopischen Lupe erscheinen sie mit blasser gelblichbrauner Farbe, ganz ähnlich schönem blonden Haar; in dem untern Bilde erscheint nur da, wo sie aneinanderschliefen, ein höchst dunkles Indigblau, und auch das nur bei sehr starker, directer Beleuchtung durch das Sonnenlicht. Die Beobachtung erforderte also noch Bestätigung, aber diese ist leicht zu erhalten, wenn man die Krystalle mit einem Messer auf eine durchsichtige Glastafel streicht, und die dünnsten Stellen im durchfallenden Lichte mit der Lupe betrachtet, denn nun erscheint das dunkle Indigblau vollkommen deutlich.

Mit Beziehung auf die Axe der feinen haarförmigen Prismen ist also der extraordinäre Strahl, der senkrecht auf dieselbe polarisirt ist, indigblau und mehr absorbirt als der ordinäre, der bei ziemlich bedeutender Durchsichtigkeit eine blonde Farbe besitzt.

7. Indig.

Die flachen tafelartigen Krystalle, platte Prismen, mit rechteckigem Querschnitt, von Hrn. Prof. Schrötter freundlichst mitgetheilt, zeigen die gänzlich gleichen Erscheinungen auf der breiten und der schmalen Fläche, der Länge und der Quere nach und unter jedem beliebigen Azimut untersucht. Beide Bilder sind kupferroth, das ordinäre obere hat unter dem Polarisationswinkel und darüber etwas mehr weissen Glanz, erscheint also heller. Bei grofsen Neigungen geht das Kupferroth des untern Bildes in Goldgelb, und selbst über dasselbe hinaus bis in ein anfangendes Messinggelb über.

Auch die schönen Indigsorten gaben die obige Erscheinung im Ganzen auf ihrem kupferroth glänzenden flachmuscheligen Bruche. Das obere Bild ist heller, das untere fällt bei grofsen Winkeln in's Gelbe.

Die meisten der im Vorhergehenden erwähnten Krystalle konnten nur sehr unvollständig untersucht werden, manche wichtige, selbst optische Eigenschaften fehlen gänzlich, bei den meisten stellt sich noch die Kleinheit derselben einer durchgeföhrten Ergründung entgegen, so dass es noch nicht möglich ist alle Eigenschaften in einem gröfsern zusammenhängenden Bilde zusammenzufassen. Die drei ersten: Gmelin's Kalium-Platin-Cyanür und Redtenbacher und Quadrat's Baryum-Platin-Cyanür und Magnesium-Platin-Cyanür geben indessen doch schon so viel an die Hand, das es erlaubt ist, wenigstens über den physikalischen Vorgang und die Orientirung nach den Krystallaxen einige Be trachtungen anzustellen.

Das Schillern der Krystallflächen lässt sich überhaupt als *an der Oberfläche durchsichtiger Krystalle zurückgeworfenes farbiges Licht* bezeichnen, welches *senkrecht auf die Einfallsebene* des Strahles *polarisiert ist*. Obwohl die undurchsichtigen Krystalle und Massen, deren Glanz eigentlicher *Metallglanz* ist, und in einem gröfsern Zusammenhange nothwendig mit berücksichtigt werden müfsten, sich hier unmittelbar anschliesen, so mögen sie doch vorläufig aus der Betrachtung ausgeschlossen bleiben.

Die drei Cyanüre zeigen das Schillern nach drei verschiedenen Gesetzen.

1. *Auf der Basis der Prismen in jedem Azimut; auf den Seitenflächen derselben in der Ebene senkrecht auf die Axe.* Bläulicher Lichtschein des Kalium-Platin-Cyanürs.

Es sind hier keine Beschränkungen in Beziehung auf das Krystallsystem gegeben, die Erscheinungen mögen bei den einaxigen Formen von absoluter Axensymmetrie, nämlich den pyramidalen und rhomboëdrischen vorkommen, aber auch bei den orthotyphen.

2. *Kein Schillern auf der Basis; auf den Seitenflächen der Prismen in der Ebene senkrecht auf die Axe.* Lasurblauer Schiller des Baryum-Platin-Cyanürs; grüner Schiller des Magnesium-Platin-Cyanürs.

3. *Schillern auf jeder Fläche unter jedem Azimut.* Lasurblauer Schiller des Magnesium-Platin-Cyanürs.

Die zuletzt genannten Krystalle zeigen also zugleich zweierlei Gesetze des Vorkommens von hiehergehörigen Erscheinungen. Auf der Endfläche erscheint nur das letzte, auf der Seitenfläche beobachtet man sie getrennt in der Querrichtung der Prismen, im obern Bilde das gelbliche Grün, im untern das Lasurblau, in der Längsrichtung der Prismen erscheinen sie gleichzeitig im untern Bilde, und bringen das bläuliche Grün hervor.

Die Erscheinung nach dem dritten Gesetz ist unabhängig von der Form. Während daher bei dem Aufstreichen mit dem Messer oder Polierstahl das grüne Schillern verschwindet, bleibt das Lasurblau noch übrig. Es wird also durch die Masse selbst hervorgebracht. Gelingt es indessen bei gewissen ganz feinen faserigen Gestalten, wie oben bei dem oxalsauren Platinoxydul, eine ganze Partie parallel liegender Fasern aufzustreichen, so kann man auch wohl die Resultate nach den Krystallformen orientirt wahrnehmen.

Für den physikalischen Vorgang dürfte ein aus den Vorgehenden gewähltes besonders anpassendes Beispiel der metallisch - grüne Schiller des Magnesium - Platin - Cyanurs seyn. Die gewöhnliche Zurückstrahlung an der Oberfläche glatter Körper geschieht ohne Lichtzerlegung nach Farben, aber die Schwingungen der Theilchen des Lichtäthers sind nach dem Einfalle anders geordnet als vorher, so dass der zurückgeworfene Strahl bei einem gewissen Einfallswinkel vollkommen polarisiert ist, während der darauf senkrechte Strahl in den Körper eintritt und nach der Natur desselben auf mancherlei Art modifizirt wird. Bei allen Erscheinungen des Oberflächenschillers sondert sich in gewissen Stellungen der ordinär in der Einfallsebene polarisierte Lichtstrahl ab. In der Fig. 7, Taf. II, ist es der von *A B* nach *BC* geworfene Strahl *O*.

Bei *B* dringt Licht in den Körper ein. Es wird bei dem doppelt brechenden Magnesium-Platin-Cyanür in zwei senkrecht aufeinander polarisierte Lichtbündel zerlegt, deren zugehörige Aetherschwingungen also in zwei senkrecht aufeinanderstehenden Ebenen liegen, die eine in der Ebene

des Hauptschnittes durch die Axe und die derselben parallele Linie *GH*, die andere senkrecht darauf. Sie weichen in dem Hauptschnitt des Krystals in der Richtung etwas von einander ab, doch kann man im Ganzen beide in der Figur als durch den Raum *BDF* dargestellt betrachten, indem sie im Innern zu einem Spectrum erweitert werden. Die Linie *DF* stellt sämmtliche Farben vor, aber in beiden Polarisationsrichtungen.

Fände keine weitere Zurückstrahlung statt, so könnte *LF* den durch den rothen farbigen Körper hindurchgegangen Theil des Lichtes bedeuten, und *DL* wäre dann der absorbirte. Aber man kann sich so nahe an der Oberfläche *GH*, als man will, aber unter derselben eine zweite Fläche *IK* denken, auf die der schon durch die specifische Einwirkung des Körpers modificirte, also gebrochene Lichtstrahl in *MN* trifft. Diese kann nach der Natur des Körpers neuerdings auf mannigfaltige Art auf die nach zwei Richtungen polarisirten Strahlen, den ordinären und den extraordinären einwirken. Das prismatisch gefärbte Bild einer Kerzenflamme durch eine dünne Platte parallel einer Prismenfläche des Magnesium - Platin - Cyanürs genommen betrachtet, erscheint von einem schönen reinen Roth, das aber nach beiden Richtungen polarisirt ist. Der Theil des Lichtstrahls *LF* ist also von beiden, dem ordinären und dem extraordinären Spectrum, durch den Körper durchgegangen. Der Rest von beiden wurde aber entweder absorbirt oder zurückgeworfen. Die Absorption eines Theiles, von der Linie *IK* beginnend, dauert stetig fort, bis sie bei einer gewissen Dicke vollständig ist, aber die Zurückwerfung muß bei *MN*, wo sie eintritt, plötzlich und daher für dicke und dünne Platten mit gleicher Intensität geschehen.

Bei dem Magnesium - Platin - Cyanür trifft man nun in der That eine Zurückwerfung von grünem Licht von *MN* nach *PQ* in dem extraordinären Bilde *E* zu beobachten, und wird diese von einer Kerzenlichtflamme erleuchtet durch ein Glasprisma untersucht, so erhält sie alle prismatischen

Farben vom Violet bis selbst noch mit einem schmalen Streifen von Roth. Das extraordinär polarisirte Spectrum ist also bis auf einen Theil des Roth zurückgeworfen, das ordinär polarisirte aber bis auf das Roth von dem Krystall absorbirt worden.

Da der Theil des Spectrums *MN* stets senkrecht auf die Hauptaxe, also *MN* stets senkrecht auf die Linie *GH* polarisiert ist, so geht es in der Fig. 7, Taf. II, gezeichneten Lage, nämlich für einen Lichteinfall im Hauptschnitt, in das untere Bild; in der darauf senkrecht stehenden Lage, nämlich bei einem Lichteinfall senkrecht auf die Hauptaxe, geht es in das obere Bild der dichroskopischen Lupe.

Die Erscheinungen sind, wie Brewster¹⁾ bemerkt, nicht etwa durch eine auf der natürlichen Oberfläche der Krystalle befindliche Oxydschicht veranlaßt, und doch gehören sie der Oberfläche der Krystalle und der Massen unbestreitbar an. Die Augenfälligkeit der im Vorhergehenden gegebenen Construction erlaubt aber in den Betrachtungen über die Anordnung des hypothetischen Lichtäthers in und mit den kleinsten Theilchen flüssiger und fester Körper, besonders krystallisirter, auf einigen Hauptsätzen zu verweilen, die für die Naturgemäßheit derselben sprechen.

Es sey in Fig. 8, Taf. II, *GH* die wirkliche Oberfläche, oder die Scheidefläche des weniger dichten Mittels *RH* oder *A*, und des dichtern *GK* oder *B*. Jenseits der Aethertheilchenschicht *RS* ist alles *A* gleichförmig, jenseits der Schicht *IK* ebenfalls alles *B*, aber von der erstern verschieden. Entfernung, absolute Gröfse können füglich übergangen werden. Hat sich eine Wellenbewegung innerhalb des gleichförmigen Mittels *A* bis nach *GH* fortgepflanzt, so geht sie gleichförmig durch alle parallelen Schichten bis mit *RS* hindurch. Erst nachdem sie die fremdartige Einwirkung der Anordnung in dem Mittel *B* erfahren hat, kann sie in die neue Gestalt übergehen. Es wird also die erste oberste Fläche *GH* des neuen Mittels, und die erste innere Aetherschicht nothwendig seyn, um die Fortsetzung der Wellenbewegung

1) Poggendorff's Ann. Bd. 69, S. 553, 1846.

zu regeln. Die nach den allgemeinen Gesetzen elastischer Körper zurückgeworfene Welle geht wieder ungestört und unverändert durch die erste Aetherschicht *RS* zurück; es war nur eine *innere* Bewegung innerhalb des Mittels *A*. Aber erst jenseits der Schicht *IK* kann die Welle in dem Mittel *B* als durch Gleichförmiges hindurch fortgepflanzt angesehen werden. Es kann also immerhin die an der eigentlichen Oberfläche *GH* verbreitete Phase der Wellenbewegung an der ersten innern Lichtätherschicht so geordnet werden, wie es die Construction der im Vorhergehenden beschriebenen Erscheinungen verlangt.

Sollte man vorziehen, eine an den Berührungsflächen zweier Körper verbreitete Lichtätherschicht anzunehmen, so würde in Fig. 8, Taf. II, *RS* die Oberfläche des einen, *IK* die Oberfläche des andern Mittels vorstellen, und die unendlich dünne Lichtätherschicht *RK* bestände nichtsdestoweniger aus zwei abgesonderten Theilen von verschiedener Beschaffenheit, indem *RH* die Lichtäthersphäre des Körpers *A*, *GK* aber die Lichtäthersphäre des Körpers *B* vorstellt. Die erste farblose Zurückstrahlung und die chromatische Brechung würden dann an der Berührung der zwei Lichtätherschichten *GH* geschehen, die chromatische Zurückstrahlung an der wirklichen Oberfläche des Körpers *B*, nämlich bei *IK*.

Diese letzte Betrachtungsart scheint einen Fingerzeig für die Erklärung der Erscheinung der gelben und violetten Farben der Lichtpolarisationsbüschel zu geben, der weiter verfolgt zu werden verdient.

Aus den wenigen vorliegenden Beobachtungen lässt sich wohl bereits mit Sicherheit abnehmen, dass der metallisch zurückgeworfene Flächenschiller aus *einem* Theile des in den Körper eingedrungenen Lichtes bestehe, während ein *anderer* complementärer die Farbe desselben hervorbringt. Violette und rothe Farben der Krystalle sind mit grünem Flächenschiller verbunden, gelbe Farben mit blauem, blaue mit kupferrothem und goldgelbem Schiller. Eine ganz genaue Durchführung durch das vollständige prismatische Spectrum

wird aber erst nach der Untersuchung einer bedeutenden Anzahl schillernder Krystalle gelingen.

II. Ueber Erscheinungen, die mit dem elektrischen Ladungsstrom zusammenhängen;

von K. W. Knochenhauer.

Erster Artikel.

Durch die in diesen Annalen Bd. 69, S. 77, mitgetheilten Versuche schien mir die Untersuchung über die Spannungsverhältnisse beim elektrischen Ladungsstrom abgeschlossen zu seyn, um so mehr als ein Paar spätere Beobachtungen für den Fall, wo die Hauptbatterie (die, welche zuerst geladen wird) aus zwei Flaschen, und die Nebenbatterie (die, welche die Ladung aus jener empfängt) aus einer Flasche gebildet war, ein ganz übereinstimmendes Resultat lieferten. Nämlich als sich der Funkenmesser mit 8' Kupferdraht von der bisherigen Sorte zwischen dem Auslader und der Nebenbatterie befand und noch 10' Kupferdraht den gesammten Schließungsbogen mit Ausschluß des Ausladers ($= 0,7$ K.) bildeten, ergab sich:

Lad. d. B.	Scheinbare Spannungs-differ. beob.	Reduc. scheinbare Spannungsdiffer.	Reduc. wahre Spannungsdiffer. beob.
53,5	18,57	13,88	16,49
53,5	18,31	13,68	16,29
57,0	19,20	13,47	16,08
57,0	19,33	13,57	16,18
60,5	20,33	13,44	16,05
60,5	20,52	13,57	16,18
Mittel			16,21

Bezeichnet man hier die Länge des Schließungsdrahtes außer den im Funkenmesser befindlichen 8' mit x , so folgt aus

$$8 : 8+x = 16,21 : 40,00$$

$x = 11,74$; da aber der Schließungsdräht = 10,7 ist, so bleibt für den Draht in der Nebenbatterie 1,04 übrig, welche Zahl, wie es seyn muss, wirklich doppelt so gross ist als 0,5, die für zwei Flaschen in der Nebenbatterie gefunden wurde. Indes durch eine andere Beobachtung, die ich für einen besondern Zweck anstellte, wurde ich darauf geführt, dass bei dem Ladungsstrom noch eigentümliche Spannungsverhältnisse vorkommen müssten. Stellt man nämlich nach Fig. 10, Taf. I¹⁾, eine Batterie *I* auf, deren Schließungsdräht *ICABE* ist, zur Ladung nur durch den Auslader *C* unterbrochen, und verbindet *A* und *B* mit der Innenseite einer isolirten Nebenbatterie *K*, doch so, dass vor der Innenseite bei *A* der Funkenmesser eingeschaltet ist, so zeigt sich in demselben Momente, wo sich die Hauptbatterie über *C* entladet, zwischen den Kugeln des Funkenmessers ein intensiver Funke, und die Batterie *K* ist doch bei der nachfolgenden Untersuchung vollkommen entladen; sie zeigt selbst nicht die geringste Spur eines Residuums. Die Distanz, die man den Kugeln des Funkenmessers geben kann, ist genau der Spannungsdifferenz zwischen *A* und *B* gleich; daher ist der überschlagende Funke vielleicht weniger auffallend, als dass sich die Nebenbatterie *K* in derselben Zeit wieder entladen hat, im Funken also Ladung und vollständige Entladung zu gleicher Zeit stattfindet. Um dies Verhältniss für den Ladungsstrom zu untersuchen, stellte ich die nicht isolirte Hauptbatterie nach Fig. 11, Taf. I¹⁾, in *I* auf und führte aus ihrem Innern den Schließungsdräht *A* bis zum Auslader *M*, dann als *B* bis zu einem Napfe des Funkenmessers *F*, ferner als *D* bis zum Innern der isolirten Nebenbatterie *K*; von ihrer Außenseite ging der Schließungsdräht weiter als *E* bis zum zweiten Napf des Funkenmessers und von da als *C* zur Außenseite der Hauptbatterie. Bei den Versuchen wurde nun einmal die Flaschenzahl in der Haupt- und Nebenbatterie verändert, zweitens die Kupferdrähte *ABCDE* von verschiedener Länge genommen; darauf wurde bei der Entladung der Hauptbatterie die Schlagweite (SW.) am Funkenmesser be-

1) D. h. Taf. I des vorigen Bandes.

obachtet und auf eine Ladung der Hauptbatterie = 40,00 reducirt. Ich werde zunächst die sämmtlichen Versuche mittheilen, und darin mit *A B C D E* die Längen der den Schließungsbogen bildenden Kupferdrähte mit Ausschluß des Ausladers und außerdem die Summen *A + B + C* mit *H* und *D + E* mit *N* bezeichnen.

No. 1. Hauptbatterie aus zwei Flaschen, Nebenbatterie aus zwei Flaschen.

1) *H=14, N=3.*

a) *A=2 B=9 C=3 D=2 E=1.*

L. d. B.	SVV. beob.	Red. SVV.
46,5	38,83	33,40
46,5	39,08	33,62
43,0	36,52	33,97
43,0	36,46	33,91
39,5	33,52	33,94
39,5	33,46	33,88
Mittel	33,79	

c) *A=3 B=4 C=7 D=2 E=1.*

L. d. B.	SVV. beob.	Red. SVV.
46,5	38,96	33,52
46,5	39,14	33,67
43,0	36,14	33,62
43,0	36,08	33,57
39,5	32,90	33,31
39,5	32,84	33,25
Mittel	33,49	

b) *A=7 B=4 C=3 D=2 E=1.*

L. d. B.	SVV. beob.	Red. SVV.
46,5	39,02	33,57
46,5	39,14	33,67
43,0	36,02	33,51
43,0	35,90	33,40
39,5	33,02	33,44
39,5	33,31	33,75
Mittel	33,56	

d) *A=3 B=2 C=9 D=2 E=1.*

L. d. B.	SVV. beob.	Red. SVV.
46,5	39,08	33,62
46,5	39,02	33,57
43,0	36,21	33,68
43,0	36,33	33,79
39,5	33,21	33,62
39,5	33,33	33,74
Mittel	33,67	

Gesamtmittel = 33,63.

2) *H=10, N=3.*

a) *A=2 B=5 C=3 D=2 E=1.*

L. d. B.	SVV. beob.	Red. SVV.
46,5	36,39	31,30
46,5	36,33	31,25
43,0	34,21	31,82
43,0	34,21	31,82
39,5	31,39	31,77
39,5	31,39	31,77
Mittel	31,62	

b) *A=3 B=2 C=5 D=2 E=1.*

L. d. B.	SVV. beob.	Red. SVV.
46,5	36,77	31,63
46,5	36,89	31,73
43,0	33,71	31,38
43,0	33,96	31,59
39,5	31,21	31,60
39,5	31,27	31,66
Mittel	31,60	

Gesamtmittel = 31,61.

3) $H=7$, $N=3$.a) $A=2$ $B=2$ $C=3$ $D=2$
 $E=1.$

L. d. B.	SVV. beob.	Red. SVV.
46,5	33,89	29,15
46,5	33,83	29,10
43,0	31,83	29,61
43,0	31,95	29,72
39,5	29,14	29,51
39,5	29,27	29,63
Mittel	29,45	

b) $A=2$ $B=2$ $C=3$ $D=2$
 $E=1.$

L. d. B.	SVV. beob.	Red. SVV.
46,5	34,27	29,50
46,5	34,33	29,55
43,0	31,52	29,29
43,0	31,64	29,43
39,5	29,27	29,64
39,5	29,08	29,45
Mittel	29,48	

Gesammittel = 29,47.

4) $H=11$, $N=5$.a) $A=2$ $B=6$ $C=3$ $D=4$
 $E=1.$

L. d. B.	SVV. beob.	Red. SVV.
46,5	33,21	28,57
46,5	33,08	28,46
43,0	30,71	28,57
43,0	30,59	28,46
39,5	28,39	28,74
39,5	28,27	28,62
Mittel	28,57	

b) $A=6$ $B=2$ $C=3$ $D=4$
 $E=1.$

L. d. B.	SVV. beob.	Red. SVV.
46,5	33,21	28,57
46,5	33,27	28,62
43,0	30,77	28,62
43,0	30,59	28,46
39,5	28,21	28,56
39,5	28,33	28,68
Mittel	28,58	

c) $A=2$ $B=2$ $C=7$ $D=4$
 $E=1.$

L. d. B.	SVV. beob.	Red. SVV.
46,5	33,21	28,57
46,5	33,21	28,57
43,0	31,00	28,84
43,0	30,94	28,78
39,5	28,69	29,05
39,5	28,77	29,11
Mittel	28,82	

d) $A=2$ $B=2$ $C=7$ $D=2$
 $E=3.$

L. d. B.	SVV. beob.	Red. SVV.
46,5	33,52	28,84
46,5	33,58	28,89
43,0	31,27	29,09
43,0	31,27	29,09
39,5	28,96	29,32
39,5	29,02	29,38
Mittel	29,10	

Gesammittel = 28,77.

5) $H=9$, $N=5$.a) $A=2$ $B=4$ $C=3$ $D=4$
 $E=1.$

L. d. B.	SVV. beob.	Red. SVV.
46,5	32,14	27,65
46,5	32,14	27,65
43,0	29,02	27,00
43,0	29,27	27,23
39,5	27,08	27,42
39,5	26,96	27,30
Mittel	27,38	

b) $A=4$ $B=2$ $C=3$ $D=4$
 $E=1.$

L. d. B.	SVV. beob.	Red. SVV.
46,5	31,90	27,44
46,5	31,96	27,49
43,0	29,08	27,05
43,0	29,08	27,05
39,5	26,96	27,30
39,5	27,14	27,48
Mittel	27,30	

c) $A=2$ $B=2$ $C=5$ $D=4$
 $E=1.$

L. d. B.	SVV. beob.	Red. SVV.
46,5	31,90	27,44
46,5	32,02	27,55
43,0	29,21	27,17
43,0	29,58	27,52
39,5	27,39	27,73
39,5	27,45	27,79
Mittel	27,53	

Gesammtmittel = 27,57.

d) $A=2$ $B=2$ $C=5$ $D=2$
 $E=3.$

L. d. B.	SVV. beob.	Red. SVV.
46,5	32,20	27,70
46,5	32,33	27,81
43,0	30,27	28,16
43,0	30,21	28,10
39,5	27,96	28,31
39,5	28,02	28,37
Mittel	28,07	

Gesammtmittel = 28,07.

6) $H=7$, $N=5.$

a) $A=2$ $B=2$ $C=3$ $D=4$
 $E=1.$

L. d. B.	SVV. beob.	Red. SVV.
46,5	29,52	25,39
46,5	29,40	25,29
43,0	27,83	25,88
43,0	27,83	25,88
39,5	25,14	25,45
39,5	25,08	25,39
Mittel	25,55	

Gesammtmittel = 25,86.

b) $A=2$ $B=2$ $C=3$ $D=2$
 $E=3.$

L. d. B.	SVV. beob.	Red. SVV.
46,5	30,02	25,82
46,5	29,90	25,71
43,0	28,46	26,47
43,0	28,52	26,53
39,5	25,96	26,28
39,5	25,96	26,28
Mittel	26,18	

Gesammtmittel = 26,18.

7) $H=7$, $N=7.$

a) $A=2$ $B=2$ $C=3$ $D=6$
 $E=1.$

L. d. B.	SVV. beob.	Red. SVV.
46,5	26,27	22,59
46,5	26,27	22,59
43,0	24,46	22,75
43,0	24,65	22,93
39,5	22,39	22,67
39,5	22,27	22,55
Mittel	22,68	

b) $A=2$ $B=2$ $C=3$ $D=2$
 $E=5.$

L. d. B.	SVV. beob.	Red. SVV.
46,5	26,83	23,08
46,5	26,77	23,03
43,0	25,14	23,39
43,0	25,14	23,39
39,5	23,14	23,43
39,5	23,14	23,43
Mittel	23,29	

c) $A=2$ $B=2$ $C=3$ $D=4$
 $E=3.$

L. d. B.	SVV. beob.	Red. SVV.
46,5	26,46	22,76
46,5	26,52	22,81
43,0	25,02	23,27
43,0	24,96	23,22
39,5	23,02	23,31
39,5	23,08	23,37
Mittel	23,12	

Gesammtmittel = 23,03.

8) $H=7$, $N=11$.

$$\begin{array}{l} a) A=2 \quad B=2 \quad C=3 \\ D=10 \quad E=1. \end{array}$$

L. d. B.	SVV. beob.	Red. SVV.
46,5	27,27	23,46
46,5	27,21	23,41
43,0	25,46	23,73
43,0	25,34	23,62
39,5	23,27	23,57
39,5	23,14	23,44
Mittel	23,54	

$$\begin{array}{l} b) A=2 \quad B=2 \quad C=3 \\ D=2 \quad E=9. \end{array}$$

L. d. B.	SVV. beob.	Red. SVV.
46,5	27,02	23,24
46,5	27,02	23,24
43,0	25,08	23,33
43,0	25,02	23,28
39,5	23,02	23,31
39,5	23,02	23,31
Mittel	23,29	

$$\begin{array}{l} c) A=2 \quad B=2 \quad C=3 \\ D=6 \quad E=5. \end{array}$$

L. d. B.	SVV. beob.	Red. SVV.
46,5	27,02	23,24
46,5	27,02	23,24
43,0	25,14	23,38
43,0	25,20	23,43
39,5	23,14	23,43
39,5	23,33	23,62
Mittel	23,39	

Gesammtmittel = 23,41.

9) $H=7$, $N=15$.

$$\begin{array}{l} a) A=2 \quad B=2 \quad C=3 \\ D=14 \quad E=1. \end{array}$$

L. d. B.	SVV. beob.	Red. SVV.
46,5	30,20	25,98
46,5	30,32	26,08
43,0	28,08	26,12
43,0	28,02	26,16
39,5	26,02	26,35
39,5	26,02	26,35
Mittel	26,16	

$$\begin{array}{l} b) A=2 \quad B=2 \quad C=3 \\ D=2 \quad E=13. \end{array}$$

L. d. B.	SVV. beob.	Red. SVV.
46,5	29,89	25,71
46,5	29,89	25,71
43,0	27,58	25,66
43,0	27,58	25,66
39,5	25,46	25,78
39,5	25,58	25,90
Mittel	25,74	

$$\begin{array}{l} c) A=2 \quad B=2 \quad C=3 \\ D=10 \quad E=5. \end{array}$$

L. d. B.	SVV. beob.	Red. SVV.
46,5	29,83	25,66
46,5	29,89	25,71
43,0	27,83	25,89
43,0	27,89	25,94
39,5	25,77	26,09
39,5	25,77	26,09
Mittel	25,90	

Gesammtmittel = 25,93.

10) $H=7$, $N=23$.

$$\begin{array}{l} a) A=2 \quad B=2 \quad C=3 \quad D=22 \\ E=1. \end{array}$$

L. d. B.	SVV.beob.	Red.SVV.
46,5	33,90	29,16
46,5	33,90	29,16
43,0	31,46	29,27
43,0	31,52	29,33
39,5	29,31	29,68
39,5	29,37	29,74
Mittel	29,39	

$$\begin{array}{l} b) A=2 \quad B=2 \quad C=3 \quad D=2 \\ E=21. \end{array}$$

L. d. B.	SVV.beob.	Red.SVV.
46,5	33,90	29,16
46,5	34,02	29,26
43,0	31,46	29,27
43,0	31,46	29,27
39,5	29,02	29,38
39,5	29,02	29,38
Mittel	29,29	

Gesammtmittel = 29,34.

No. II. Hauptbatterie aus zwei Flaschen, Nebenbatterie aus einer Flasche.

1) $H=14$, $N=3$.

a) $A=3$ $B=8$ $C=3$ $D=2$
 $E=1$.

L. d. B.	SVV. beob.	Red. SVV.
46,5	56,27	48,40
43,0	52,08	48,45
39,5	48,02	48,62
Mittel	48,49	

b) $A=3$ $B=2$ $C=9$ $D=2$
 $E=1$.

L. d. B.	SVV. beob.	Red. SVV.
46,5	56,27	48,40
43,0	52,21	48,57
39,5	47,96	48,56
Mittel	48,51	

Gesamtmittel = 48,50.

2) $H=10$, $N=3$.

a) $A=3$ $B=4$ $C=3$ $D=2$
 $E=1$.

L. d. B.	SVV. beob.	Red. SVV.
46,5	54,02	46,47
43,0	49,39	45,94
39,5	46,02	46,60
Mittel	46,34	

b) $A=3$ $B=2$ $C=5$ $D=2$
 $E=1$.

L. d. B.	SVV. beob.	Red. SVV.
46,5	53,64	46,12
43,0	49,96	46,47
39,5	45,83	46,40
Mittel	46,33	

Gesamtmittel = 46,33.

3) $H=11$, $N=5$.

a) $A=2$ $B=6$ $C=3$ $D=4$
 $E=1$.

L. d. B.	SVV. beob.	Red. SVV.
46,5	50,77	43,67
43,0	47,38	43,79
39,5	43,21	43,75
Mittel	43,74	

b) $A=2$ $B=2$ $C=7$ $D=4$
 $E=1$.

L. d. B.	SVV. beob.	Red. SVV.
46,5	50,90	43,79
43,0	47,64	44,32
39,5	43,58	44,12
Mittel	44,08	

Gesamtmittel = 43,91.

4) $H=9$, $N=5$.

a) $A=2$ $B=4$ $C=3$ $D=4$
 $E=1$.

L. d. B.	SVV. beob.	Red. SVV.
46,5	49,02	42,17
43,0	45,27	42,11
39,5	41,83	42,37
Mittel	42,22	

b) $A=2$ $B=2$ $C=5$ $D=4$
 $E=1$.

L. d. B.	SVV. beob.	Red. SVV.
46,5	49,21	42,33
43,0	45,33	42,17
39,5	42,14	42,66
Mittel	42,39	

Gesamtmittel = 42,30.

5) $H=7$, $N=3$.

$$a) A=2 \quad B=2 \quad C=3 \quad D=2 \\ E=1.$$

L. d. B.	SVV.beob.	Red.SVV.
46,5	50,64	43,56
43,0	46,71	43,45
39,5	43,39	43,93
Mittel	43,65	

$$b) A=2 \quad B=2 \quad C=3 \quad D=2 \\ E=1.$$

L. d. B.	SVV.beob.	Red.SVV.
46,5	50,90	43,79
43,0	47,21	43,87
39,5	43,46	44,00
Mittel	43,89	

Gesammtmittel = 43,77.

6) $H=7$, $N=5$.

$$a) A=2 \quad B=2 \quad C=3 \quad D=4 \\ E=1.$$

L. d. B.	SVV.beob.	Red.SVV.
46,5	47,08	40,50
43,0	43,33	40,31
39,5	40,14	40,64
Mittel	40,48	

$$b) A=2 \quad B=2 \quad C=3 \quad D=2 \\ E=3.$$

L. d. B.	SVV.beob.	Red.SVV.
46,5	46,90	40,34
43,0	43,33	40,31
39,5	40,08	40,58
Mittel	40,41	

Gesammtmittel = 40,44.

7) $H=7$, $N=7$.

$$a) A=2 \quad B=2 \quad C=3 \quad D=6 \\ E=1.$$

L. d. B.	SVV.beob.	Red.SVV.
46,5	43,69	37,58
43,0	40,21	37,40
39,5	37,21	37,67
Mittel	37,55	

$$b) A=2 \quad B=2 \quad C=3 \quad D=2 \\ E=5.$$

L. d. B.	SVV.beob.	Red.SVV.
46,5	43,77	37,65
43,0	40,77	37,93
39,5	37,71	38,17
Mittel	37,92	

Gesammtmittel = 37,73.

8) $H=7$, $N=11$.

$$a) A=2 \quad B=2 \quad C=3 \quad D=10 \\ E=1.$$

L. d. B.	SVV.beob.	Red.SVV.
46,5	38,46	33,09
43,0	35,64	33,15
39,5	33,02	33,44
Mittel	33,23	

$$b) A=2 \quad B=2 \quad C=3 \quad D=2 \\ E=9.$$

L. d. B.	SVV.beob.	Red.SVV.
46,5	38,96	33,52
43,0	35,83	33,31
39,5	33,08	33,49
Mittel	33,44	

Gesammtmittel = 33,33.

9) $H=7$, $N=15$.a) $A=2$ $B=2$ $C=3$ $D=14$
 $E=1.$

L. d. B.	SVV.beob.	Red. SVV.
46,5	36,08	31,04
43,0	33,33	31,00
39,5	30,77	31,16
Mittel	31,07	

Gesammtmittel = 31,15.

b) $A=2$ $B=2$ $C=3$ $D=2$
 $E=13.$

L. d. B.	SVV.beob.	Red. SVV.
46,5	36,08	31,04
43,0	33,64	31,29
39,5	30,96	31,35
Mittel	31,28	

Gesammtmittel = 31,15.

10) $H=7$, $N=19$.a) $A=2$ $B=2$ $C=3$ $D=18$
 $E=1.$

L. d. B.	SVV.beob.	Red. SVV.
46,5	34,46	29,64
43,0	31,96	29,73
39,5	29,52	29,89
Mittel	29,75	

Gesammtmittel = 29,78.

b) $A=2$ $B=2$ $C=3$ $D=2$
 $E=17.$

L. d. B.	SVV.beob.	Red. SVV.
46,5	34,52	29,69
43,0	32,08	29,84
39,5	29,52	29,89
Mittel	29,81	

Gesammtmittel = 29,78.

11) $H=7$, $N=23$.a) $A=2$ $B=2$ $C=3$ $D=22$
 $E=1.$

L. d. B.	SVV.beob.	Red. SVV.
46,5	35,39	30,44
43,0	33,02	30,71
39,5	30,33	30,71
Mittel	30,62	

Gesammtmittel = 30,64.

b) $A=2$ $B=2$ $C=3$ $D=2$
 $E=21.$

L. d. B.	SVV.beob.	Red. SVV.
46,5	35,27	30,34
43,0	33,08	30,77
39,5	30,52	30,90
Mittel	30,67	

Gesammtmittel = 30,64.

12) $H=7$, $N=27$.a) $A=2$ $B=2$ $C=3$ $D=26$
 $E=1.$

L. d. B.	SVV.beob.	Red. SVV.
46,5	36,64	31,52
43,0	34,02	31,65
39,5	31,39	31,78
Mittel	31,63	

Gesammtmittel = 31,63.

b) $A=2$ $B=2$ $C=3$ $D=2$
 $E=25.$

L. d. B.	SVV.beob.	Red. SVV.
46,5	36,45	31,37
43,0	34,02	31,65
39,5	31,46	31,85
Mittel	31,62	

Gesammtmittel = 31,63.

No III. Hauptbatterie aus drei Flaschen, Nebenbatterie aus einer Flasche.

1) $H=14$, $N=3$.
 $A=3$ $B=8$ $C=3$
 $D=2$ $E=1$.

L. d. B.	SVV. beob.	Red. SVV.
46,5	64,08	55,12
43,0	59,71	55,54
39,5	55,14	55,83
Mittel		55,50

4) $H=7$, $N=5$.
 $A=2$ $B=2$ $C=3$
 $D=4$ $E=1$.

L. d. B.	SVV. beob.	Red. SVV.
46,5	55,39	47,65
43,0	51,00	47,44
39,5	47,52	48,12
Mittel		47,74

2) $H=10$, $N=3$.
 $A=3$ $B=4$ $C=3$
 $D=2$ $E=1$.

L. d. B.	SVV. beob.	Red. SVV.
46,5	61,64	53,02
43,0	56,90	52,93
39,5	51,96	52,61
Mittel		52,85

5) $H=7$, $N=7$.
 $A=2$ $B=2$ $C=3$
 $D=6$ $E=1$.

L. d. B.	SVV. beob.	Red. SVV.
46,5	51,77	44,53
43,0	47,85	44,51
39,5	43,96	44,51
Mittel		44,52

3) $H=7$, $N=3$.
 $A=2$ $B=2$ $C=3$
 $D=2$ $E=1$.

L. d. B.	SVV. beob.	Red. SVV.
46,5	59,27	50,98
43,0	54,46	50,66
39,5	50,46	51,09
Mittel		50,91

6) $H=7$, $N=11$.
 $A=2$ $B=2$ $C=3$
 $D=10$ $E=1$.

L. d. B.	SVV. beob.	Red. SVV.
46,5	46,58	40,07
43,0	43,08	40,07
39,5	39,64	40,14
Mittel		40,09

7) $H=7$, $N=15$.
 $A=2$ $B=2$ $C=3$
 $D=14$ $E=1$.

L. d. B.	SVV. beob.	Red. SVV.
46,5	43,65	37,55
43,0	40,27	37,46
39,5	37,52	37,99
Mittel		37,67

8) $H=7$, $N=23$.
 $A=2$ $B=2$ $C=3$
 $D=22$ $E=1$.

L. d. B.	SVV. beob.	Red. SVV.
46,5	39,52	34,21
43,0	36,71	34,15
39,5	34,02	34,44
Mittel		34,27

No IV. Hauptbatterie aus einer Flasche, Nebenbatterie aus zwei Flaschen.

1) $H=19$, $N=3$.
 $A=6$ $B=2$ $C=11$
 $D=2$ $E=1$.

L. d. B.	SVV. beob.	Red. SVV.
46,5	26,96	23,19
43,0	25,14	23,39
39,5	23,27	23,56
Mittel		23,38

2) $H=14$, $N=3$.
 $A=3$ $B=8$ $C=3$
 $D=2$ $E=1$.

L. d. B.	SVV. beob.	Red. SVV.
46,5	25,46	21,90
43,0	23,08	21,47
39,5	21,64	21,91
Mittel		21,76

3) $H=19$, $N=5$.
 $A=6$ $B=2$ $C=11$
 $D=4$ $E=1$.

L. d. B.	SVV. beob.	Red. SVV.
46,5	24,58	21,13
43,0	22,77	21,18
39,5	20,64	20,90
Mittel		21,07

4) $H=10$, $N=3$.

$$\begin{array}{l} A=3 \quad B=4 \quad C=3 \\ D=2 \quad E=1. \end{array}$$

L. d.	SVV. B.	Red. beob.	SVV.
46,5	23,14	19,90	
43,0	21,52	20,02	
39,5	20,08	20,33	
Mittel	20,08		

5) $H=13$, $N=5$.

$$\begin{array}{l} A=2 \quad B=8 \quad C=3 \\ D=4 \quad E=1. \end{array}$$

L. d.	SVV. B.	Red. beob.	SVV.
46,5	21,90	18,84	
43,0	20,27	18,86	
39,5	18,70	18,93	
Mittel	18,88		

6) $H=7$, $N=3$.

$$\begin{array}{l} A=2 \quad B=2 \quad C=3 \\ D=2 \quad E=1. \end{array}$$

L. d.	SVV. B.	Red. beob.	SVV.
46,5	21,08	18,13	
43,0	19,30	17,95	
39,5	18,00	18,23	
Mittel	18,10		

7) $H=7$, $N=5$.

$$\begin{array}{l} A=2 \quad B=2 \quad C=3 \\ D=4 \quad E=1. \end{array}$$

L. d.	SVV. B.	Red. beob.	SVV.
46,5	17,68	15,21	
43,0	16,42	15,28	
39,5	15,19	15,38	
Mittel	15,29		

8) $H=7$, $N=7$.

$$\begin{array}{l} A=2 \quad B=2 \quad C=3 \\ D=6 \quad E=1. \end{array}$$

L. d.	SVV. B.	Red. beob.	SVV.
46,5	20,08	17,27	
43,0	18,63	17,33	
39,5	17,01	17,22	
Mittel	17,27		

9) $H=7$, $N=11$.

$$\begin{array}{l} A=2 \quad B=2 \quad C=3 \\ D=10 \quad E=1. \end{array}$$

L. d.	SVV. B.	Red. beob.	SVV.
46,5	24,39	20,98	
43,0	22,58	21,47	
39,5	20,90	21,16	
Mittel	21,20		

10) $H=7$, $N=15$.

$$\begin{array}{l} A=2 \quad B=2 \quad C=3 \\ D=14 \quad E=1. \end{array}$$

L. d.	SVV. B.	Red. beob.	SVV.
46,5	28,39	24,42	
43,0	26,33	24,49	
39,5	24,39	24,69	
Mittel	24,53		

11) $H=7$, $N=23$.

$$\begin{array}{l} A=2 \quad B=2 \quad C=3 \\ D=22 \quad E=1. \end{array}$$

L. d.	SVV. B.	Red. beob.	SVV.
46,5	31,58	27,07	
43,0	29,33	27,28	
39,5	26,90	27,24	
Mittel	27,20		

Aus den vorstehenden Zahlen ist ohne Weiteres klar, dass die beobachteten Schlagweiten nur von $H=A+B+C$ und von $N=D+E$ abhängen, da die kleinen Differenzen sich aus der Natur der Sache hinreichend erklären. Wir können demnach die Versuche in nachstehenden Tabellen übersichtlicher darstellen.

No. I. Hauptbatterie zwei Flaschen, Nebenbatterie zwei Flaschen.

H.	N.	Red. SVV. beob.	Red. SVV. ber.	x.
14	3	33,63	33,41	40,26
10	3	31,61	31,55	40,08
7	3	29,47	29,43	40,07
11	5	28,77	28,98	39,84
9	5	27,57	27,61	40,00
7	5	25,86	25,75	40,14
7	7	23,03	23,08	39,98
7	11	23,41	23,38	40,05
7	15	25,93	26,18	
7	23	29,34	29,69	

No. II. Hauptbatterie zwei Flaschen, Nebenbatterie eine Flasche.

H.	N.	Red. SVV. beob.	Red. SVV. ber.	x.
14	3	48,50	47,69	53,85
10	3	46,33	46,06	53,38
11	5	43,91	43,96	53,10
9	5	42,50	42,59	52,85
7	3	43,77	43,98	52,98
7	5	40,44	40,79	52,88
7	7	37,73	38,28	52,74
7	11	33,33	33,92	52,70
7	15	31,15	30,89	53,37
7	19	29,78	29,37	53,15
7	23	30,64	31,73	
7	27	31,69	33,67	

No. III. Hauptbatterie drei Flaschen, Nebenbatterie eine Flasche.

H.	N.	Red. SVV. beob.	Red. SVV. ber.	x.
14	3	55,50	54,11	59,81
10	3	52,85	52,69	58,77
7	3	50,91	50,81	58,70
7	5	47,74	47,70	58,62
7	7	44,52	45,43	58,04
7	11	40,09	41,42	57,75
7	15	37,67	38,40	58,16
7	23	34,27	33,98	58,90
				58,60

No. IV. Hauptbatterie eine Flasche, Nebenbatterie zwei Flaschen.

H.	N.	Red. SVV. beob.	Red. SVV. ber.	$\frac{x}{n+m}$
19	3	23,38	23,24	29,28
14	3	21,76	21,86	29,12
19	5	21,07	20,89	29,38
10	3	20,08	20,17	29,12
13	5	18,88	18,78	29,31
7	3	18,10	18,29	29,12
7	5	15,29	15,28	29,21
7	7	17,27	17,13*	29,22
7	11	21,20	21,34*	
7	15	24,53	24,11*	
7	23	27,20	27,52*	

Uebersicht man die gefundenen Zahlen, so wird man bemerken, 1) dass die Schlagweiten sowohl nach der Hauptbatterie als nach der Nebenbatterie zu gröfser werden und in der Mitte der kleinste Werth liegt; 2) dass die Zahlen nach beiden Batterien zu desto gröfser ausfallen, je mehr Flaschen die Hauptbatterie und je weniger die Nebenbatterie enthält; im äufsersten Falle No. III finden sich Schlagweiten bis zu 55,50, während die Ladung der Hauptbatterie nur auf eine Schlagweite = 40,00 gebracht war; 3) dass der kleinste Werth der beobachteten Schlagweiten desto weiter von der Nebenbatterie fortrückt, je weniger Flaschen sie im Verhältnis zur Hauptbatterie enthält; in No. III ist der Wendepunkt noch nicht erreicht worden. — Zur Be-rechnung der Facta bin ich von folgenden Principien aus-gegangen: Enthält die Hauptbatterie n , die Nebenbatterie m Flaschen, so ist nach hergestelltem Gleichgewicht die

Spannung in beiden $= \frac{40,00n}{n+m}$; vor diesem Zustande, wo beide noch auf einander reagiren, ist die Spannung, die eben hier in Betracht kommt, in beiden $= \frac{80,00n}{n+m}$. Jede von beiden bewirkt an der Stelle, wo der Funkenmesser steht, eine solche Spannungsdifferenz oder Schlagweite, als wollte sie sich durch die andere, als eine von Elektricität

freien, entladen, und der Funkenmesser zeigt die von denjenigen Batterie erzeugte Spannungsdifferenz an, welche die grösere ist. Zu den gemessenen und angegebenen Drähten H und N kommen jedoch zunächst für die Hauptbatterie der Auslader = 0,7 hinzu, ferner die Drähte in den Flaschen selbst, also für eine Flasche 1,0, für zwei 0,5, für drei 0,3, endlich muss das in der Hauptbatterie bleibende Residuum, das ich nach einigen Versuchen auf $\frac{1}{8}$ der Ladung anschlage, als Drahtlänge $= \frac{H+N}{8}$ zu H hinzugefügt werden, sobald die Entladung von der Nebenbatterie her erfolgt. Aus diesen so bestimmten Werthen von H und N entnimmt man die compensirten, bei der Berechnung gültigen Längen = nH und mN , oder wenn man für N die gemessene Grösse unmittelbar beibehalten will, für H den

Werth $\frac{n}{m}H$. Dies wären die Annahmen, wonach die Spannungen in den Batterien für No. I = 40,00, für No. II = 53,33, für No. III = 60,00, und für No. IV = 26,67 wären, wenn nicht die Flaschen, weniger nach der Grösse der belegten Flächen, als nach der Glasstärke, somit der bindenden Kraft nach ungleich wären, wie sich dies auch bei Verwechslung der einzelnen Flaschen bald zeigte. Es blieb hier also nichts anders übrig, als zunächst n und m und damit die Spannungen x der Batterien unbestimmt zu lassen, und aus den Beobachtungen selbst, da die compensirte Länge von $A+B+C$ nach den erforderlichen Ergänzungen

$$= \frac{n}{m}H \text{ und } x = \frac{80,00n}{n+m} = \frac{80,00 \frac{n}{m}}{\frac{n}{m} + 1}, \text{ also } \frac{n}{m} = \frac{x}{80,00 - x}$$

ist, den Werth von x zu suchen. Nimmt man z. B. die erste Beobachtung in No. III, so ist $H = 14 + 0,7 + 0,3 + \frac{15+4}{8}$

$$= 17,4, N = 3 + 1,0 = 4, \text{ also verhält sich } \frac{x}{80,00 - x} \cdot 17,4 : \frac{x}{80,00 - x} \cdot 17,4 + 4 = 55,50 : x, \text{ und dies gibt } x = 59,81.$$

Das Mittel der für die Nebenbatterie berechneten Werthe von x , die man in den obigen Tabellen findet, diente darauf zur Berechnung der Schlagweiten, die hier, wo keine wirkliche Strömung stattfindet, gerade wie bei den ähnlichen in meiner letzten Abhandlung nachgewiesenen Spannungen unmittelbar so genommen wurden, wie sie der Funkenmesser angab. Nach dem Ausfall der Berechnung wird man hoffentlich die Ueberzeugung gewinnen, dass die angenommenen Principien ziemlich genau mit der Natur der Sache übereinstimmen müssen, indes habe ich selbst für den Fall, wo die Hauptbatterie die am Funkenmesser beobachtete Schlagweite bedingt, noch einige kleine Bedenken. Denn obschon auch hier, wo das Residuum nun nicht mehr in Anschlag kommt, da es selbst zur Spannung der Batterie gehört, die in No. I mit + bezeichneten Berechnungen stimmen, so gehen doch die ebenso bezeichneten Werthe in No. II etwas über das Maafs hinaus, und scheinen noch eine kleine Correction zu verlangen. Die Bestimmung dieser Correction blieb aber misllich, weil ich des Ausladers wegen den Werth von $A + B + C$ nicht unter 7 bringen und damit der Hauptbatterie mit dem Funkenmesser nicht nahe genug kommen konnte; in No. III fielen überdies diese Beobachtungen ganz aus, und in No. IV, welcher Fall sonst günstig gewesen wäre, ist die Spannungsdifferenz, welche aus dem Ladungsstrom unmittelbar entsteht und demnach zu den Angaben des Funkenmessers noch 2,61 verlangt, gröfser als die, welche aus der Reaction der beiden Batterien auf einander hervorgeht; somit mussten die mit * bezeichneten Werthe aus dem eigentlichen Ladungsstrom berechnet werden, und trugen zur Lösung des noch vorhandenen Bedenkens nichts bei. — Meine Ansichten über die vorstehenden Thatsachen, die ich nur einfach referirt habe, mag ich jetzt noch nicht mittheilen, da sie der Facta wegen wieder von den herrschenden Meinungen abweichen und deshalb Anstoss geben werden; ich will sie auseinandersetzen, sobald ich die hiermit zusammenhängende, aber viel complicirtere Untersuchung über die Strömungen in den

Schließungsdrähten der Haupt- und Nebenbatterie beendigt haben werde, wenn beide nach Fig. 1, Taf. I, doch ohne Funkenmesser bei A mit einander combinirt sind.

III. Beobachtungen an elektrischen Telegraphen.

An einem im J. 1844 von Morse (im Staaten-Verein) errichteten elektrischen Telegraphen hat man die Erfahrung gemacht, dass heftige Blitzschläge eines an zwanzig (englische) Meilen entfernten Gewitters einen solchen Strom in den Drähten erregten, dass der Telegraph von selbst zu arbeiten anfing. Hr. Page, welcher die erste Beobachtung dieser Art Hrn. Prof. Henry zuschreibt, bemerkt dabei, dass außer solchen plötzlichen Impulsen auch schwächere anhaltende Ströme vorkommen, welche die Nadel eines in die Drahtleitung eingeschalteten Galvanometers zuweilen um 10° ablenken und einige Zeit in dieser Ablenkung erhalten. Die Ursache dieser Erscheinung setzt er in Wolken oder Luftmassen, die in verschiedenen elektrischen Zuständen über den Gebäuden hinwegziehen.

Derselbe glaubt auch auf folgende Erfahrung hin die feuchte Luft als einen schwachen Leiter der galvanischen Elektricität betrachten zu dürfen. Eine Kupferfläche von 22000 Quadratfuß, die das Dach eines Gebäudes bildete, und eine isolirt vom Boden und von diesem Gebäude im Freien aufgestellte Zinkplatte von vier Quadratfuß hatte er durch Drähte mit einem empfindlichen Galvanometer verbunden. So wie er die Zinkplatte mit Wasser anfeuchtete, wich die Nadel um 5 Grad ab. Es herrschte während der Zeit ein schwacher (*slight drizzling*) Regen. (Silliman Journ. S. II, Vol. II, p. 206 und 406.)

IV. Ueber die Bestimmung elektrischer Dichtigkeiten in der Torsionswage;
von Peter Riess.

Nachdem Coulomb im Jahre 1785 die elektrische Torsionswage angegeben und mit ihr das Grundgesetz der elektrischen Abstossung bewiesen hatte, benutzte er dieselbe bis zu seinem Tode (1806) zur Bestimmung der elektrischen Anordnung auf einzelnstehenden und von andern influencirten Leitern. Die von ihm darüber veröffentlichten Messungen, vermehrt durch eine Nachlese, die in seinen hinterlassenen Papieren von Biot gehalten wurde, bilden bis auf die neueste Zeit den ganzen Bestand der maafgebenden Erfahrungen über die in's Gleichgewicht gekommene Elektricität. Die Torsionswage ist nach Coulomb nur von Wenigen benutzt worden, und zwar mit geringem Erfolge; es entstanden Klagen über die Unzuverlässigkeit des Instruments, Klagen über die schwierige Handhabung desselben — um nur die bereits vorliegenden Messungen zu retten, griff man zu einem gefährlichen Mittel. Coulomb, sagt Egen¹⁾), hatte eine ausgezeichnete Beobachtungsgabe, die, wie andere Geistesgaben, der Himmel schenken muß, die Drehwage war sein Kind, sein liebes Kind; nur mit seinem Talente und Tausenden von Beobachtungen seyen die Mängel der Wage zu überwinden gewesen. Solche Meinung, öfter wiederholt, hat in zwiefacher Hinsicht nachtheilig gewirkt. Die Physiker, die Prüfung scheuend, ob sie ein angebornes Talent für die Torsionswage besäßen, wichen von dem Instrumente zurück, und, da diese durch kein anderes ersetzt werden konnte, auch von messenden elektrischen Versuchen; die Mechaniker ließen es an der nöthigen Sorgfalt fehlen, eine Wage brauchbar herzustellen, die doch nur als Schaustück in den Sammlungen dienen sollte. So wurde

1) Poggendorff's Annalen Bd. 5, S. 215.

die eingebildete Unvollkommenheit der Torsionswage eine wirkliche, und dieselbe sank von der Bedeutung eines messenden zu der eines anzeigenenden Instrumentes herab.

Ich habe vor einigen Jahren elektrische Messungen, die an der Torsionswage erhalten waren, bekannt gemacht ¹⁾), und da ich dieselbe neuerdings wieder vielfach benutzt habe, so will ich meine Erfahrungen über Einrichtung und Gebrauch der Wage, wie über die Wahl der Bestimmungsmethode, zusammenstellen, wodurch es mir gelingen möchte, das Instrument zu seiner früheren Bedeutung zu erheben. Mühe bei Einrichtung und Aufstellung der Wage, Sorgfalt bei den elektrischen Messungen sind dem Beobachter nicht zu erlassen, aber außerdem ist dazu keineswegs eine nur durch lange Uebung zu gewinnende Geschicklichkeit erforderlich. Zwei meiner Freunde, die niemals elektrische Messungen angestellt hatten, erhielten an meiner Wage gleich zum Erstenmale Bestimmungen elektrischer Dichtigkeiten, die den meisten Coulomb'schen Bestimmungen an Genauigkeit nicht nachstehen. — Aus einem Grunde, der sich im Verlaufe der Abhandlung ergeben wird, stelle ich die Erörterung der Bestimmungsmethoden voran und will erst zum Schlusse die Einrichtung meiner Wage beschreiben, bei welcher ich von Coulomb's Angaben nicht wesentlich abgegangen bin.

A. Methoden zur Bestimmung elektrischer Dichtigkeiten.

Die Dichtigkeit einer Stelle eines elektrisierten Körpers wird durch die Elektricitätsmenge bestimmt, die eine kleine Kugel oder Scheibe, Prüfungskörper genannt, von jener Stelle empfängt, und diese Menge wird in der Torsionswage gemessen durch die Abstossung des in einer Horizontalalebene beweglichen Wagebalkens durch den feststehenden Prüfungskörper. Da dieser Abstossung durch Drehung des Aufhängedrahts entgegengewirkt werden kann, so bezieht sich die Beobachtung, je nach der Messungsmethode, auf

1) Abhandlungen d. Akad. d. Wiss. f. 1844.

die Elongation des Balkens und die Torsion des Drahtes, oder auf Elongation allein, oder auf Torsion allein. Da die letzte Beobachtung am schärfsten ausgeführt werden kann, die leichteste und in fast allen vorkommenden Fällen anwendbar ist, so werde ich dieselbe hier allein betrachten, zumal da sich Alles beizubringende ohne Weiteres auf die beiden ersten Messungsarten anwenden lässt. Diese Messung ist der an der Gewichtswage gebräuchlichen ähnlich. Man giebt dem Wagebalken vor der Messung eine bestimmte Elongation, deren Werth man nicht zu kennen braucht, und stellt den Torsionskreis auf Null. Durch Elektrisirung des Balkens und Einführung des Prüfungskörpers in die Wage wird die Elongation vergrößert; nachdem dieselbe durch Drehung des Torsionskreises auf den früheren Werth gebracht ist, liest man den Stand des Kreises ab. Es gebe dieser eine Drehung von t Graden an, so wird die gesuchte Elektricitätsmenge und Dichtigkeit durch \sqrt{t} oder t ausgedrückt. Der erste Ausdruck gilt, wenn die Elektrisirung des Wagebalkens durch die zu bestimmende Elektricitätsmenge selbst geschehen ist, ein Fall, der nur selten durch den Versuch geboten wird, und außer andern Uebelständen auch den mit sich führt, daß einzelne Bestimmungen nur in längern Zwischenräumen gemacht werden können. Der Torsion t selbst proportional ist die Elektricitätsmenge, wenn der Wagebalken unabhängig von dem Prüfungskörper elektrisiert worden ist, welcher Fall hier allein betrachtet werden soll.

Mit der Bestimmung einer elektrischen Dichtigkeit ist Nichts geleistet. Da nämlich die Dichtigkeit einer Stelle eines Leiters proportional der ganzen Elektricitätsmenge, die der Leiter enthält, also mit der Zeit veränderlich ist, so wird die Bestimmung einer zweiten Dichtigkeit verlangt, auf welche jene erste bezogen werden kann. Man sucht ein Dichtigkeitsverhältnis und bedarf dazu zwei Messungen in der Torsionswage, die als an einem und demselben Zeitpunkte angestellt betrachtet werden können. Da nun diese beiden Messungen in der Wage nothwendig in der Zeit

nach einander gewonnen werden, so wird bei jeder Bestimmungsmethode eine Rechnung nothwendig, die eine dieser Messungen auf den Zeitpunkt der andern zu reduciren. Coulomb hatte gefunden ¹⁾ , als er die Abstossung des Balkens der Wage durch einen Prüfungskörper in kurzen Zeitintervallen durch Torsion mafs, dass die Abnahme des Torsionswinkels nahe proportional dem Mittel der beiden beobachteten Torsionswinkel und der verflossenen Zeit ist.

Er setzte daher, wenn t eine beobachtete Torsion, $\frac{1}{p}$ eine

Constante bedeutet, das Decrement des Winkels, $-dt$ in dem Zeittheilchen dz

$$-dt = \frac{1}{p} t dz.$$

Hiervon ist das vollständige Integral:

$$-\log t = \frac{z}{p} + Cst.$$

oder, wenn t_0 die Torsion am Anfang, t_z dieselbe am Ende des Zeitintervalls z bedeutet,

$$\log t_0 = \log t_z + \frac{z}{p} \quad \dots \quad (1),$$

in welchem Ausdrucke natürliche Logarithmen gemeint sind, und $\frac{z}{p}$ mit 0,4343 zu multipliciren ist, wenn man sich meiner Logarithmen bedienen will.

Diese Formel leistet die oben verlangte Reduction. Hat man eine Torsion t_z beobachtet, so kann man die Torsion t_0 berechnen, die z Minuten vor oder nach der Beobachtung gefunden wäre, indem man z positiv oder negativ setzt. Es wird dabei die Constante p bekannt seyn müssen; eine Kenntniß, die man aus der vorläufigen Beobachtung zweier in der Zeit z' auseinanderliegenden Torsionen t_z und $t_{z'}$ erlangt, indem $p = \frac{z'}{\log t_{z'} - \log t_z}$. Diese Rechnung würde leicht auszuführen seyn, wenn p in der That, wie es Coulomb angiebt, nur mit der Witterung veränderlich und also für eine längere Beobachtungreihe constant wäre. Dies ist

1) *Mém. de l'Acad. d. scienc. Par. 1785, p. 617.*

aber, wie ich in dem folgenden Abschnitte zeigen werde, nicht der Fall; der Werth von p hängt von Bedingungen ab, die sich in den Versuchen, bei welchen die Reductionsformel gebraucht wird, nothwendig ändern, derselbe ist daher von einer Bestimmung einer Dichtigkeit zu einer andern als veränderlich zu betrachten, und muss jedesmal auf's Neue bestimmt werden. Hierdurch wird die Anwendung jener Formel sehr mühsam, und es mag dies der Grund seyn, weshalb Coulomb sich derselben nur selten bedient hat, und fast alle Bestimmungen von Dichtigkeiten zu einer Zeit ausführte, in der er eine leichtere, nur annähernd richtige, Rechnung gebrauchen konnte. Zu diesem Zwecke richtete er die Bestimmungen auf folgende Weise ein:

Bestimmungsmethode mit Einem Prüfungskörper.

Um das Verhältniss zweier Dichtigkeiten a und b zu bestimmen, die gleichzeitig an zwei Stellen Eines Leiters, oder auf zwei Leitern vorhanden sind, berührte Coulomb¹⁾ die erste Stelle mit einer Prüfungsscheibe und mafs die Elektricitätsmenge derselben in der Wage, berührte dann die zweite Stelle mit derselben Scheibe und brachte diese in die Wage, wiederholte die erste Messung, dann die zweite u. s. f. — Durch passende Drehung des Torsionskreises brachte er es dahin, dass alle vollendeten Messungen, die durch die wiederhergestellte anfängliche Torsion des Walebalkens bezeichnet sind, in der Zeit sehr nahe gleichweit auseinanderlagen. Er erhielt in dieser Weise mehrere (gewöhnlich fünf) äquidistante Werthe der Dichtigkeiten der beiden Stellen, nämlich $aba'b'a''$, und bildete die Quotienten $\frac{a+a'}{2b}$ $\frac{2a'}{b+b'}$ $\frac{a'+a''}{2b'}$. Dies sind drei Werthe des gesuchten Dichtigkeitsverhältnisses $\frac{a}{b}$, aus welchen das arithmetische Mittel als der wahrscheinlichste Werth desselben genommen wird. Diese Benutzung der alternirenden Bestimmung beruht darauf, dass in der Entwicklung von t_0

1) *Mém. de l'Acad. des scienc. Par. 1787, p. 426.*

nach $\frac{z}{p}$ in der Formel I alle höhern Potenzen von $\frac{z}{p}$ vernachlässigt werden¹⁾). Der Fehler in t_0 übersteigt daher die Grösse $\frac{1}{2} \left(\frac{z}{p} \right)^2 t_s$, und kann nur geduldet werden, wenn

$\frac{z}{p}$ eine kleine Grösse ist. In der That scheint Coulomb erstaunlich kleine Zwischenzeiten zwischen den einzelnen Messungen gelassen und nur an Tagen beobachtet zu haben, wo p einen grossen Werth besafs. So findet sich bei-läufig²⁾ die Angabe eines Intervalls von einer Minute zwischen zwei vollendeten Messungen und des Werthes $p=40$, wobei die obige Berechnung vollkommen gerechtfertigt ist, da ihre Abweichung von der strengen Rechnung nicht in Betracht kommt. Ein so kleines Zeitintervall, und zwar viermal hintereinander einzuhalten, ist aber nicht leicht, und häufig wünscht man Dichtigkeitsbestimmungen, wenn p auf 20 gesunken ist. Lässt sich auch dann, wie ich weiter unten zeigen werde, eine andere leichte und genügend scharfe Rechnung in Anwendung bringen, so stellt die alternirende Bestimmung überhaupt Bedingungen, denen der Beobachter bei vielen Versuchen nur unvollkommen oder gar nicht genügen kann, und welche die ganze Bestimmungsart auf specielle Fälle beschränken. Dies ergiebt sich aus folgenden Betrachtungen: Es seyen in dem Zeitintervall 1 zwei Bestimmungen derselben Dichtigkeit a und a' gemacht, und eine dritte zwischen beiden liegende (a) berechnet; ferner eine Messung einer zweiten mit (a) gleichzeitig bestehenden Dichtigkeit b angestellt und die im halben Zeitinter-

1) Es seyen t_u, t_{uu} äquidistante, durch die Zeit z geschiedene Beobachtungen der Torsion, so hat man, mit Vernachlässigung der höhern Potenzen von $\frac{z}{p}$, $t = t_u \left(1 + \frac{z}{p} \right)$ $t = t_{uu} \left(1 + \frac{2z}{p} \right)$, hieraus $\frac{z}{p} = \frac{1}{2} \left(\frac{t}{t_{uu}} - 1 \right)$, u. daher $t_i = t_u \left(\frac{t}{2t_{uu}} + \frac{1}{2} \right) = \frac{t + t_{uu}}{2}$.

2) *Mém. de l'Acad. des scienc. Par. 1787, p. 428.*

valle folgende (b) berechnet. Man hat also die fünf Torsionen

a und *b* zu bestimmen, und zwar verhältnisweise
zueinander, so dass *a* zu *b* gleich ist, oder *a* zu *b* umgekehrt
(a) größer als *b* und umgekehrt, oder *a* gleich *b* ist.

von welchen die in einer Horizontallinie stehenden gleichzeitige sind. Die alternirende Bestimmung, mag nun die obige oder eine weiter unten gegebene Rechnung auf sie angewendet werden, setzt voraus, dass das Verhältnis (a) zu *b*, dem *a*, zu (b) gleich sey, oder dass der Werth *p* in der Formel I für (a) und (b) derselbe sey. Dieser Voraussetzung ist nur streng zu genügen, wenn die Dichtigkeiten *a* und *b* an demselben Leiter beobachtet werden, nicht aber, wenn sie verschiedenen Leitern zugehören. Da nämlich *p* von Beschaffenheit und Dimensionen des Isolators abhängt, der den Leiter stützt, so würden in dem letzten Falle die beiden Leiter durch vollkommen gleiche Isolatoren gehalten seyn müssen, was bei vielen Versuchen mit eigenthümlichen Schwierigkeiten verknüpft ist. Aber auch eine vollkommene Gleichheit der Isolatoren wird nicht unter allen Umständen das Geforderte leisten, da *p* für längere Zeiträume auch von der mittleren elektrischen Dichtigkeit abhängt. Wo daher die beiden Leiter sehr verschiedene Dichtigkeiten besitzen, bemerkt man in den nach einander folgenden Werthen des Verhältnisses $\frac{a}{b}$ eine Aenderung in bestimmtem Sinne, und das arithmetische Mittel wird sich nicht mehr dem richtigen Werthe nähern. Wirklich hat Coulomb in solchen Fällen, wo es nur irgend anging, die alternirende Bestimmung und die Prüfungskörper überhaupt verlassen, und einen der Leiter selbst, deren Dichtigkeit bestimmt werden sollte, in die Wage gebracht, hierzu aber eine eigene Wage von unbequemen Dimensionen (mit quadratischer Grundfläche von 2 Fufs Seite) construirenen müssen¹⁾.

Bei vielen Leitern ist die alternirende Bestimmung nicht

1) *Mém. de l'Acad.* 1787, p. 422.

anwendbar, weil dieselben sich nicht in der nöthigen Stärke elektrisiren lassen, um bei aufeinanderfolgenden Messungen eine gleiche Genauigkeit zu gestatten. Leiter, die in Ecken oder Spitzen auslaufen, verlieren in wenigen Secunden jede Elektricitätsmenge, die eine bestimmte Grösse übersteigt und erst nach diesem Verluste erleiden sie die normale Abnahme der Elektricität, bei welcher die Anwendung der alternirenden Bestimmung zulässig ist. Dann aber sind einzelne Stellen an ihnen so wenig elektrisch, dass der Beobachtungsfehler in der Wage schon die erste Bestimmung ihrer Dichtigkeit unsicher macht, und diese Unsicherheit nimmt bei den folgenden Bestimmungen zu.

Endlich giebt es eine grosse Klasse von Versuchen, bei welchen die Hauptbedingung der Methode nicht erfüllt ist, dass nämlich dieselbe Dichtigkeit sich zweimal und öfter bestimmen lasse. Hier fordert das Auftreten der Dichtigkeit b , dass die Dichtigkeit a nicht mehr vorhanden sey, und ein Zurückgehen auf a ist nicht möglich.

Die Methode der alternirenden Bestimmung ist daher, streng genommen, auf den einzigen Fall beschränkt, wo an einem Leiter mit runder Oberfläche die Dichtigkeiten verschiedener Stellen gemessen werden sollen. Ich habe mich deshalb einer andern Methode zur Bestimmung elektrischer Dichtigkeiten bedient, die leicht und sicher auszuführen und, so viel ich sehe, auf alle vorkommende Fälle anwendbar ist.

Dichtigkeitsbestimmung mit gepaarten Prüfungskörpern.

Es werden hierbei zwei Prüfungskörper gebraucht (Kugeln oder Scheiben), die gleiche Dimensionen, gleiche Isolation und vollkommen gleiche Stellung in der Torsionswage besitzen. Mit diesen Prüfungskörpern berührt man gleichzeitig die beiden Stellen, deren elektrische Dichtigkeiten gemessen werden sollen, und bringt den einen Körper in eine weite Glasglocke, den andern in die Torsionswage. Nach vollendeter erster Messung, deren Zeitpunkt an einer Secundenuhr bemerkt wird, bringt man den zweiten Körper in die Wage, bemerkt den Zeitpunkt der zweiten Messung

und vermindert die Torsion des Drahts um eine beliebige Anzahl Grade. Der Zeitpunkt, an dem hiernach der Wagebalken wieder die anfängliche Elongation besitzt, macht die letzte zur Rechnung nöthige Bestimmung aus. Mit diesen Daten kann das Verhältnis der beiden Dichtigkeiten bestimmt werden, indem man die zweite Messung mit Zuhilfenahme der Zeitbestimmungen auf den Zeitpunkt reducirt, an dem die erste Messung vollendet war. Die Formel I, die zu dieser Reduction gebraucht werden kann, ist beschwerlich anzuwenden, und ich habe deshalb eine Näherungsformel angegeben, die Bequemlichkeit mit einer für alle Fälle genügenden Genauigkeit verbindet. Die Ableitung derselben aus der strengen Formel geschieht folgendermaßen: Indem man von den Logarithmen der Formel I zu den dazugehörigen Zahlen übergeht, kommt, wenn e die Basis der natürlichen Logarithmen bedeutet,

$$t_0 = t_z e^{\frac{z}{P}},$$

und ferner, wenn $\frac{z}{P} = x$ gesetzt und e^x in eine Reihe entwickelt wird,

$$t_0 = t_z \left(x + \frac{x^2}{2} + \frac{x^3}{6} + \frac{x^4}{24} + \dots \right)$$

Statt dieser Reihe kann, wenn x ein kleiner Bruch ist, die folgende gesetzt werden: $x + \frac{x^2}{2} + \frac{x^3}{4} + \frac{x^4}{8} + \dots$, da alsdann der Unterschied beider Reihen

$$\frac{x^3}{12} + \frac{x^4}{12} + \dots \left(\frac{1}{2^{n-1}} - \frac{1}{n!} \right) x^n$$

vernachlässigt werden darf. Die Summe der substituirten Reihe ist $x \left(\frac{1}{1 - \frac{x}{2}} \right)$ und damit erhält man:

$$t_0 = t_z + \frac{t_z}{\frac{1}{1 - \frac{x}{2}} - 0,5}$$

Diese Gleichung gibt die Torsion t_0 , wenn die Torsion t_z , die zwischen beiden verflossene Zeit z und die Constante

p gegeben sind. Um letztere zu finden, dient eine zweite Torsion t_z' , die z' Minuten nach t_z beobachtet ist. Indem man p aus der Gleichung entwickelt, kommt

$$p = \frac{z'(t_z + t_z')}{2(t_z - t_z')}$$

Dieser Werth wird augenblicklich gefunden, da $t_z - t_z'$ die beliebige Anzahl von Graden bedeutet, um welche in dem oben beschriebenen Verfahren der Torsionskreis nach der letzten Messung zurückgedreht worden ist. Man kann daher den Nenner des Ausdrucks leicht 10, 2.10, 2.20 machen, je nach der Größe der Torsion t_z . Da nämlich der Zeitpunkt, wo der Wagebalken einspielt, häufig bis auf drei Secunden unsicher ist, so muss man bedacht seyn, die Zeit z' nicht zu klein werden zu lassen. Man hat also, um aus zwei Torsionen t_z und t_z' und dem Zeitintervalle z' eine Torsion t_o zu berechnen, die z Minuten vor der ersten Torsionsbeobachtung liegt, die Gleichungen

$$\left. \begin{aligned} t_o &= t_z + \frac{t_z}{\frac{p}{z} - 0,5} \\ p &= z' \cdot \frac{t_z - \frac{1}{2}d}{d} \end{aligned} \right\} \quad (II),$$

wo $t_z - t_z' = d$ gesetzt ist.

Dies ist die Reductionsformel, die ich vor drei Jahren angegeben und bei Dichtigkeitsbestimmungen vielfach benutzt habe¹⁾). Der Werth p ist daraus absichtlich nicht eliminiert, weil dieser für die Fortsetzung von Versuchen, bei welchen er gefunden worden, von Wichtigkeit ist. Hierbei liegen die Torsionen t_z und t_z' z' Minuten auseinander, und es wird t_o gesucht für den Zeitpunkt $\frac{z'}{2}$ Minuten nach der ersten Beobachtung. Setzt man $z = -\frac{z'}{2}$ in die Formel, so hat man

1) Abhandlung d. Akad. d. Wiss. 1844, phys. K., S. 5.

$$t_0 = \frac{t_1 + 3t_2'}{3 + t_2'} \quad \text{(III).}$$

In dem oben gegebenen Beispiele (S. 363) sind daher die Quotienten, welche den Werth des Verhältnisses $\frac{a}{b}$ geben,

$$\frac{a+3a'}{b\left(3+\frac{a}{a'}\right)}, \frac{a'\left(3+\frac{b'}{b}\right)}{b+3b'}, \frac{a'+3a''}{b\left(3+\frac{a''}{a'}\right)}.$$

Die von Coulomb gebildeten Quotienten entstehen, wenn man statt des Ausdrucks III das arithmetische Mittel von t_1 und t_2' nimmt, was, wie hier ersichtlich, erlaubt ist, wenn die Zwischenzeit zwischen den Beobachtungen klein und der Verlust an Elektricität während derselben nur gering ist.

Die Bestimmungsmethode mit gepaarten Prüfungskörpern ist von der Isolation der Leiter unabhängig, auf welchen Dichtigkeiten bestimmt werden sollen, da die Prüfungskörper diese Dichtigkeiten gleichzeitig oder doch sehr schnell nach einander aufnehmen. Abhängig ist die Methode von der relativen Isolation der beiden Prüfungskörper, insofern der Werth p für beide Körper gleich gesetzt wird während der Zeit, die zwischen der Berührung der Leiter mit den Prüfungskörpern und der ersten Messung in der Torsionswage vergeht. Man thut daher gut, diese Messung möglichst schnell der Berührung folgen zu lassen, da die sorgfältigste Wahl der isolirenden Stiele der Prüfungskörper eine vollkommene Gleichheit des Werthes p für beide Stiele zu bewirken nicht im Stande ist. Die Grösse p ist einer nothwendigen, sehr verwickelten Veränderung unterworfen, deren Kenntniß für die Anordnung der Meßversuche von großer Wichtigkeit ist, und über welche ich daher meine Erfahrungen ausführlich mittheile.

B. Veränderlichkeit der Grösse p .

Ein elektrisirter Körper verliert fortwährend Elektricität durch Zerstreuung in die Luft, und zwar bei gleichbleiben-

der Beschaffenheit der Luft, in gleicher Zeit denselben aliquoten Theil seiner Elektricitätsmenge. Der Factor $\frac{1}{2p}$, der diesen Theil in einem kleinen Zeittheile misst, heifst der Zerstreuungscoefficient des Körpers für Ort und Zeit der Beobachtung. Um diesen Coefficienten durch längere Zeit auseinanderliegende Messungen der Elektricitätsmenge des Körpers zu bestimmen, muss man vorsichtig verfahren. Die Oberfläche des elektrirten Körpers muss gross seyn im Verhältnisse zur Oberfläche des ihn stützenden Isolators, der Körper muss sich in einem grossen Luftraume befinden und er muss möglichst fern von andern Körpern stehen, auf die er influencirend wirken könnte.

Diesen Bedingungen kann nicht entsprochen werden bei der Bestimmung von p zur Reduction der Messungen von Dichtigkeiten nach den oben angegebenen Methoden. (Die Prüfungskörper sind nothwendig klein und ihre isolirenden Stiele müssen, zur sichern Stellung in der Wage, von bedeutender Dicke seyn; diese Körper befinden sich während der Zeit der Zerstreuung in einem verhältnismässig kleinen geschlossenen Luftraumé (dem Innern der Wage), und endlich können sie von der Glaswand der Wage nicht weit entfernt werden. Unter diesen Umständen ist p nicht allein von der Witterung, sondern auch von andern Verhältnissen abhängig, und in kleinen Zwischenzeiten grossen Veränderungen unterworfen, die für jede Bestimmung in der Wage eine eigene Messung dieser Grösse nöthig machen.

Die Witterung wirkt auf elektrische Messungen, die in einem verschlossenen geräumigen Zimmer angestellt werden, nur nach längerer Dauer ein, und plötzliche Aenderungen derselben haben auf die Zerstreuung keinen merkbaren Einfluss. Die Entfernung der Prüfungskugel und der Kugel des Wagebalkens von der Glaswand der Wage hat Einfluss auf die Grösse p , und zwar wird diese um so grösser gefunden, je kleiner jene Entfernung ist. Dieser hat einen zweifachen Grund. Die Zerstreuung der Elektricität auf Leitern wird durch Näherung eines Isolators verringert, p also

vergrößert, indem auf dem Isolator die entgegengesetzte Elektricitätsart durch Influenz erregt wird und diese die elektrische Anordnung auf dem Leiter verändert. Diese Vergrößerung von p ist unabhängig von der Dichtigkeit der Elektricität des Leiters. Der andere Grund betrifft nicht die Zerstreuung selbst, sondern die Beobachtung, aus welcher jene abgeleitet wird. Man beobachtet die Zeit, in welcher der Wägebalken von einer Elongation zu einer geringern übergeht. Die Elongation des Balkens wird bestimmt durch die Abstossung desselben durch die Prüfungskugel und durch die dieser Abstossung entgegenwirkende Torsionskraft des Aufhängedrahtes. Steht aber die Kugel des Wägebalkens der Glaswand der Wäge nahe, so wird noch der Einfluß einer dritten Kraft auf die Elongation merklich, die Anziehung nämlich des Wägebalkens durch die Influenzelektricität auf dem ihm nächsten Theile der Glaswand. Diese Elektricität, mit der auf der Kugel des Balkens ungleichnamig, ist der Menge nach abhängig von der Elektricitätsmenge dieser Kugel, zugleich aber, da die Influenz auf Isolatoren nicht momentan in ganzer Stärke auftritt, von der Zeit, welche die Kugel an einer Stelle der Wäge verweilt. Ist daher die Dichtigkeit der Influenzelektricität gleich Anfangs so groß, um das durch die Torsionskraft bewirkte Fortrücken des Wägebalkens zu hindern, so nimmt diese Dichtigkeit zu und verringert die Abnahme der Elongation, die durch die zunehmende Torsionskraft des Drahtes bewirkt wird, in bedeutendem Grade. Hierdurch erscheint p um Vieles größer, als es wirklich ist, ein Uebelstand, dem man begegnet, wenn man Torsionswagen von nicht zu geringen Dimensionen auwendet (worüber das Bestimmtere unten), in diesen die Kugel des Wägebalkens nicht zu nahe der Glaswand bringt (ich habe 14 Zoll Entfernung genügend gefunden) und die Kugel in allen Fällen nahe gleich und nicht zu stark elektrisiert.

Die Prüfungskörper müssen von unbiegsamen, also ziemlich dicken Stielen getragen werden, und bei solchen hat die Substanz wie die Oberflächenbeschaffenheit derselben

Einfluss auf die Grösse p . Ich habe hierüber sehr viele zeitraubende Versuche angestellt, die, so nützlich sie mir selbst geworden sind, für einen Andern, der anderes Material in Händen hat, nur bedingten Werth haben und ihn eine eigene Untersuchung nicht ersparen können. Folgende sind die allgemeineren Resultate: Glasstäbe mit geschmolzenem Schellack überzogen, habe ich zu Stiele von Prüfungskörpern gänzlich untauglich gefunden, da dieselben, bei auch nur momentaner Berührung eines elektrisierten Körpers, sich stets elektrisch zeigten. Davon abgesehen, liefern sie einen verhältnismässig grossen Werth von p und sind zu Stützen feststehender Leiter zu empfehlen. Von Schellack habe ich sechs Sorten, zum Theil aus verschiedenen Handlungen und von verschiedener Farbe untersucht. Gegen Coulomb's Angabe, dass Schellack von dunkelster Farbe sich am besten zu Stiele von Prüfungskörpern eigne¹⁾ habe ich den hell orangefarbenen Schellack vorzüglicher gefunden. Der dunkle Schellack ist unreiner, als der helle, daher man aus einer braunen Sorte theils brauchbare, theils unbrauchbare Stiele erhält, bei einer hellen Sorte die Stiele viel weniger ungleich ausfallen. Die Oberflächenbeschaffenheit der Stiele hat einen bedeutenden Einfluss auf die Grösse p , welcher Umstand, da die Oberfläche der Körper einer fort dauernden Änderung unterworfen ist, die elektrischen Messungen sehr beschwerlich zu machen drohte. Hat man sich nämlich zwei brauchbare Stiele verschafft, die ein nahe gleiches und grosses p geben (mit dem p verglichen, das eine an einem Schellackfaden hängende Kugel liefert), so findet man schon nach einigen Tagen die Zerstreuung an beiden Stiele vergrössert, und zwar gewöhnlich in ungleichem Maafse vergrössert. Es ist dies Folge des Einflusses der Atmosphäre und anderer nicht auszuschliessenden Agentien auf die Oberfläche des Schellacks. Die Benutzung selbst der Stiele wirkt dahin, ihre Verschlechterung zu beschleunigen. Vor jeder Messung müssen nämlich die Stiele vollkommen unelektrisch gemacht und dazu durch die Spitze

1) *Mém. de l'Acad. de Par.* 1787, p. 427.

einer Spiritusflamme gezogen werden, wobei die Producte der Verbrennung des Alkohols die Oberfläche des Schellacks verändern. Hat man den Stiel in einiger Entfernung über die Flamme fortgeführt, so tritt oft eine plötzliche Aenderung desselben ein, durch welche der Werth p sogleich eine bedeutende Verringerung erfährt. In solchem Falle genügt es zur Wiederherstellung des früheren Werthes von p , den Stiel mit einem leinenen Tuche abzureiben und durch die Spitze einer Spiritusflamme zu führen. Nach einer allmäligigen Aenderung der Schellackoberfläche aber bleibt dies Mittel unwirksam, und ich war lange Zeit hindurch genötigt, alsdann den unbrauchbaren Stiel durch einen neuen zu ersetzen, was immer mit grossem Zeitverluste verbunden ist. Ich versuchte daher, den untauglichen Stiel durch Waschen mit Alkohol zu verbessern, und dies glückte so vollkommen, daß ich seitdem Stiele, die einmal genügt hatten, nicht mehr verworfen habe. Der veränderte Stiel wird hierbei mit starkem Alkohol (spec. Gewicht 0,81) leicht geästet, mit einem leinenen Tuche abgerieben, durch eine Flamme geführt und in einer Glasglocke dem Trocknen überlassen. Die Wirksamkeit dieser Operation zeigt sich in dem folgenden Beispiele. An die Prüfungskugel No. 3 war am 30. Nov., an die Kugel No. 4 am 5. Dec. ein neuer Schellackstiel angesetzt worden. Diese Stiele waren, wie die folgende Messung zeigt, am 8. December noch vollkommen brauchbar.

Kugel.	Zeit.	Intervall.	Torsion.	p .
4	b 28' 0"		259	
	31 5	13,1	239	38,6
3	38 10		213,5	
	42 3	3,9	193,5	39,7

Die Rechnung ist hier, wie in der Folge, nach der Näherungsformel S. 368 gemacht, so daß für den ersten Fall

$$p = \frac{3,1 \cdot 249}{20}, \text{ für den zweiten } p = \frac{3,9 \cdot 203,5}{20}.$$

In den folgenden Tagen gingen die Werthe von p für

beide Stiele immer weiter auseinander, so dass am 15. December folgende Messung erhalten wurde:

Kugel.	Zeit.	Intervall.	Torsion.	$p.$
3	50' 30"		428	
	51 33	1,1	408	23,0
4	11 55		476,5	
	14 23	2,3	456,5	58,3

Der Stiel von 3 wurde mit Alkohol gereinigt.

Dec. 16.

3	14 40		349	
	17 58	3,3	329	55,9
4	34 30		368,5	
	36 35	2,1	318,5	37,6

Der Stiel 4 mit Alkohol gereinigt.

Dec. 17.

4	4 46		378	
	8 5	3,3	358	60,7
3	15 25		316	
	19 15	3,8	296	58,1

Nach häufigem Gebrauche trat die Nöthigung zu einer neuen Reinigung für den Stiel 4 am 24. Dec., für 3 am 25. Dec., sodann für beide Stiele am 6. Jan. ein.

Ich komme nun zur letzten Ursache der Veränderlichkeit der Grösse p . Man elektrisire zwei Prüfungskugeln an ihren Schellackstieleu verschieden stark und bestimme ihre Elektricitätsmengen durch Messung in der Wage; das Verhältniss derselben sey a und so genommen, dass es grösser als 1 ist. Stellt man nun die Kugeln frei im Zimmer auf und bestimmt nach einer halben oder ganzen Stunde das Verhältniss a zum zweitenmale, so findet man es unverändert, oder, wenn es von 1 sehr verschieden war, kleiner als früher. Die grössere Elektricitätsmenge hat also in gleicher Zeit verhältnismässig mehr verloren, als die kleinere. Dies ist bekannten Erfahrungen gemäss, da nach Coulomb's Versuchen ¹⁾) jeder Isolator in längerer Zeit Elektricität von einem Leiter aufnimmt, mit dem er in Beührung steht, und zwar einen desto grösseren Theil davon,

1) *Mém. de l'Acad. de Par.* 1785, p. 627.

je stärker der Leiter elektrisiert ist. Um so auffallender ist es, dass in den wenigen Minuten, welche eine Prüfungskugel, zur Bestimmung der Größe p , in der Wage der Zerstreuung ausgesetzt bleibt, genau das entgegengesetzte Verhalten eintritt. Die Zerstreuung erscheint um so kleiner (p also um so größer), je bedeutender die Elektricitätsmenge ist, die man beobachtet. Dieses Ergebniss ist so constant, dass ich zum Aufzeigen desselben irgend welche zu andern Zwecken angestellte Messungen herausgreifen könnte. Ich wähle zur Mittheilung die Versuche, welche in der Absicht angestellt wurden, den Grund der Erscheinung herauszustellen.

Eine Metallkugel von 4,54 par. Linien Durchmesser, an einem dicken Stiele aus braunem Schellack, wurde elektrisiert zur wiederholten Bestimmung von p benutzt, vor jeder neuen Bestimmung aber mit einer ihr gleichen Kugel berührt.

Zeit.	Intervall.	Torsion.	p .
9 ^h 47' 43"		333	61
51 43	4	313	64,6
10 0 50		138	10
4 25	3,6	128	47,9

Elektricität der Kugel geschwächt.

Zeit.	Intervall.	Torsion.	p .
13 0		55	3
16 58	4	50	42,0

Die Kugel hatte 1½ Zoll von der Glaswand der Wage entfernt gestanden; in dem folgenden Versuche wurde sie 3 Zoll von derselben gestellt.

59 25		181	
11 2 40	3,2	171	56,3

Elektricität der Kugel geschwächt.

8 30		75,3	
10 43	2,2	70,3	32,0

Die Prüfungskugel, oben mit No. 4 bezeichnet (Durchmesser 2 Linien), an einem dicken Stiele von hellem Schellack gab Folgendes:

Zeit.	Intervall.	Torsion.	p .
9 57' 47"		403,7	10
10 1 10	3,4	383,7	66,9
			Dasselbe.

Elektricität der Kugel geschwächt.

19 35		148,3	10
23 35	4	138,3	57,3
			Dasselbe.
27 25		69,3	10
30 52	3,5	64,3	46,8

Eine Hollundermarkkugel von 4,79 Linien Durchmesser an einem (biegsamen) Schellackfaden von 4 Zoll Länge, $\frac{1}{4}$ Linie Dicke:

9 34 38		298	10
39 17	4,6	278	66,2
			Dasselbe.
44 7		137	10
48 7	4	127	52,8

Dasselbe.

59 13		55	10
10 3 40	4,5	50	47,2

Die Veränderung von p ist nicht minder deutlich, wenn man, wie in dem folgenden Versuche, nach der schwächeren Elektricitätsmenge wieder eine stärkere in Anwendung bringt.

11 5 0		177,8	10
8 35	3,6	167,8	62,2

Der Kugel Elektricität genommen.

14 0		79	10
21 20	7,3	69	54,0

Derselben Elektricität gegeben.

33 13		445,5	10
36 50	3,6	425,5	78,4

Bisher war die Elektricität der in der Wage feststehenden Kugel verändert worden; es wurde nun diese unbefürt gelassen, dagegen die Elektricität der Kugel des Wagenbalkens verändert.

9 47 47		204,5	10
53 55	6,1	184,5	59,3
			Dasselbe.

Dem Balken Elektricität genommen.

Zeit.	Intervall.	Torsion.	p.
10	2' 40"	91	
5 23	2,7	86	47,8

Demselben Elektricität gegeben.

17 48	258	
23 16	238	68,2

Die mitgetheilten Versuche zeigen, dass p desto grösser gefunden wird, eine je grössere Elektricitätsmenge in der Wage befindlich ist, und dass die Erscheinung nicht abhängt von der Grösse der elektrisirten Leiter, nicht von der Nähe derselben an der Glaswand der Wage, nicht von Beschaffenheit und Dicke der die Leiter stützenden Isolatoren. Der Grund derselben ist folgender: Indem ein elektrisirter Leiter Elektricität durch Zerstreuung verliert, wird die ihm umgebende Luft elektrisiert, abgestossen und durch neue unelektrische Luft ersetzt. Bezeichnet q die Elektricitätsmenge des Leiters in irgend einem Augenblicke, so wird die Menge, welche die Luft in der nächstfolgenden Zeiteinheit, z. B. in

einer Secunde, erhält, durch $(1 - e^{-\frac{1}{2p}})q$ ausgedrückt, wo e die Basis der natürlichen Logarithmen, und p eine von q unabhängige Constante bedeutet. Dies findet aber nur statt, insofern sich der Leiter in einem Luftraume befindet, der in Bezug auf sein eigenes Volumen als unbegrenzt gelten kann. Ist dies nicht der Fall, so ist der Zeitpunkt, an dem die Zerstreuung der Elektricität beobachtet wird, und die Elektricitätsmenge, die derselbe Anfangs besaß, nicht mehr gleichgültig. Am Anfange der zweiten Secunde, nachdem der Leiter in den beschränkten Luftraum gebracht worden ist, ist dieser Raum nicht mehr unelektrisch, er besitzt schon die Elektricitätsmenge $(1 - e^{-\frac{1}{2p}})q$, eine Menge, die um so grösser ist, je grösser q war, und die nun folgende Zerstreuung wird geringer seyn, als zuvor. Es wird daher der Zerstreuungscoefficient $\frac{1}{2p}$ (der aliquote Theil der Elektricitätsmenge des Leiters, der in einem sehr klei-

nen Zeittheile verloren geht), in einem beschränkten Luftraume bestimmt, im Allgemeinen von Secunde zu Secunde abnehmen, aber bei großer Elektricitätsmenge schneller abnehmen als bei kleiner. Diese Auseinandersetzung findet eine volle Anwendung auf die Bestimmungen der Gröfse p in der Torsionswage und erklärt die oben dargelegte Abhängigkeit dieser Gröfse von der angewandten Elektricitätsmenge. Die Gröfse p wird durch Beobachtung der Zerstreuung während mehrerer Minuten bestimmt, und dabei erhält die beschränkte Luftmasse in der Wage fortdauernd Elektricität von der Kugel des Wagebalkens und von der Prüfungskugel. Wenn daher auch im ersten Momente der Beobachtung die Gröfse p dieselbe ist für eine beliebige Elektricitätsmenge beider Kugeln, so wird sie in den folgenden Zeittheilen desto schneller zunehmen, je größer diese Menge ist. Das wirklich gefundene p ist ein Mittelwerth aller Werthe dieser Gröfse während der Beobachtungszeit, und muß daher von der Gröfse der angewandten Elektricitätsmenge abhängen. Diese Abhängigkeit ist keinem einfachen Gesetze unterworfen; die elektrisierte Luftmasse gibt ihre Elektricität ab an den Aufhänge draht, an die Metallscheibe des Torsionskreises und an die Glaswände der Wage. Die an die Metalltheile übergegangene Elektricität verliert sich durch Zerstreuung in die äußere Luft, die an dem Glase haftende wird durch die an der äussern Glasfläche erregte Influenzelektricität größtentheils unwirksam. Die im Innern der Wage eingeschlossene Luftmasse verliert daher in wenigen Minuten den größten Theil ihrer Elektricität, und auch während dieser Zeit ist ihr elektrischer Zustand nach den Umständen sehr variabel. Constant bleibt nur die Verknüpfung der größern Elektricitätsmenge der Kugeln mit einem größern p , während das Verhältnis dieser Gröfse zu der Elektricitätsmenge bedeutenden Schwankungen unterliegt. Durch den schnellen Elektricitätsverlust der eingeschlossenen Luft wird es erklärlich, daß eine Messung in der Torsionswage auf eine nachfolgende einen nur geringen Einfluß ausübt, wenn auch nur wenige Minuten zwischen beiden liegen. Doch ist dieser Einfluß zu erkennen.

nen, wenn die Messungen schnell auf einander folgen. Das Verhältnis zweier p , die an verschiedenen Elektricitätsmengen bestimmt werden, ist dann immer größer, wenn die schwächere Menge vor der stärkeren in der Wage sich befindet, als im andern Falle. Aus gleichem Grunde ist dies Verhältnis größer, wenn man die stärkere Elektricitätsmenge durch Ableitung sogleich auf die schwächere bringt, als wenn man dieselbe durch eine längere Zeit dauernde Zerstreuung in der Wage bis zur schwächeren Menge sinken lässt. Es folgt hieraus, dass zwar die Elektrisirung der Luft der Wage, welche einer Beobachtung vorangegangen ist, einen Einfluss auf die Beobachtung ausübt, dieser Einfluss aber gegen den während der Beobachtung selbst stattfindenden stets unerheblich bleibt. Ich habe einige Versuche angestellt, um zu zeigen, dass die Veränderlichkeit des p wesentlich nur von der Größe der Elektricitätsmenge und nicht von der des Torsionswinkels abhängt. Hierbei wurde die Elektricitätsmenge des Wagebalkens und der Prüfungskugel nicht geändert, und die verschiedene Torsion durch veränderte Stellung der Prüfungskugel in der Wage herbeigeführt. Diese Kugel blieb dabei in derselben Entfernung (nahe 2 Zoll) von der Glaswand der Wage:

Zeit.	Intervall.	Torsion.	p .
98 29 50"	100	177,3	
88 57 4,1	100	167,3	70,6
48 37	645		
50 53	625		73,0

Die Prüfungskugel vom Wagebalken entfernt.

11 22 37	103,7
24 57	98,7
2,3	46,5

In einem andern Versuche.

33 28	365
35 52	2,4
	345
	42,6
44 20	69
47 27	3,1
	64
	41,2

Prüfungskugel dem Wagebalken genähert.

33 28	365
35 52	2,4
	345
	42,6
44 20	69
47 27	3,1
	64
	41,2

Demselben genähert.

Zeit.	Intervall.	Torsion.	p .
55' 0"		211,5	
59 5	4,1	191,5	41,3

In einem dritten Versuche.

9 ^h 59 18		123	
10 0 3 48	4,5	113	53,1

Die Kugel dem Balken genähert.

10 45		443	
12 57	2,2	423	47,6

Der Kugel Elektricität genommen.

21 18		180,3	
23 23	2,1	170,3	36,8

Nur bei der letzten Messung entspricht die kleinere Torsion der geringern Elektritätsmenge, und daher ist p dafür am kleinsten, während bei den übrigen Messungen, wo die Torsionen zumeist durch die Stellung der Prüfungskörper verändert wurden, die Größe p von der Torsion nicht abhängt.

Die bisher gänzlich übersehene, hier weitläufig dargelegte Veränderlichkeit der Größe p kann, bei gehöriger Vorsicht, die Maafsstimmungen in der Torsionswage nicht beeinträchtigen. Die beiden Prüfungskörper haben gleiche Stiele, eine gleiche Stellung in der Wage, und werden, während der Zerstreuung, gleichen Einwirkungen ausgesetzt. (Steht die Torsionswage einem Fenster nahe, so muss auch die Glasmöbel, welche die zweite Prüfungskugel enthält, an's Fenster gesetzt werden.) Die Größe p , an dem zuletzt in die Wage gebrachten Prüfungskörper bestimmt, wird nur für denselben angewandt, und zwar für eine Elektritätsmenge, die nur wenig grösser ist als die auf demselben noch vorhandene. Der einzige Fehler der Messung entsteht aus der Zerstreuung an beiden Prüfungskörpern während der Zeit, die zwischen dem Einbringen des ersten Körpers in die Wage und der vollendeten ersten Messung verfließt, weil sich alsdann die Körper in abgesperrten Lufträumen mit verschiedener Elektritätsmenge befinden. Diese

Zeit muss daher, wie schon bemerkt worden, nur kurz seyn; außerdem wird der Fehler dadurch verringert, dass man sich einer geräumigen Wage bedient und die Messung von grossen Elektricitätsmengen überhaupt vermeidet. Dies kann immer geschehen, da das Verhältniss von Elektricitätsmengen, das gesucht wird, unabhängig ist von der absoluten Grösse dieser Mengen, nur kommt man dann oft in den Fall, kleine Dichtigkeiten bestimmen zu müssen. Hierbei steht die Bewegung des Torsionskreises durch die Hand der Genauigkeit entgegen oder verursacht einen unnöthigen Zeitverlust; ich habe deshalb eine feine Bewegung durch eine Schraube ohne Ende an der Wage angebracht.

C. Einrichtung des Mefapparates.

Die Torsionswage.

Die Torsionswage, deren ich mich bediene (in Fig. 9 u. 9^b, Taf. II, abgebildet), hat die Dimensionen der kleinsten Wage, die Coulomb zu seinen Messungen gebraucht hat. Gerinnere Dimensionen anzuwenden, halte ich nicht für ratsam. Ein hohler, unten geschlossener Glascylinder von 1 Fuß Höhe und Breite ist mit einer Spiegelglasplatte gedeckt, die durch drei darin festgekittete Pflöcke vor seitlicher Verschiebung geschützt ist. In der Glasplatte ist in der Mitte und nahe am Rande eine 17 Linien weite Oeffnung ausgeschliffen. Die Randöffnung *a*, mit einem Ausschnitte versehen, der 1½ Zoll von der Wand des Cylinders entfernt ist, dient zum Einbringen der Prüfungskörper und ist mit einem Papierstreifen umkleidet, auf dem die Stellung der Stiele jener Körper genau bezeichnet werden kann. In der Mittelöffnung ist durch eine unten vorgeschraubte Mutter eine Messinghülse befestigt, in der sich die conische Fassung der Aufsatzröhre mit harter Reibung dreht. Die Stellung dieser Fassung giebt der Zeiger *b* an, gegen dessen Spitze ein feiner Draht auf die Glasscheibe geklebt wird, damit eine Verschiebung der Fassung sogleich bemerkt werde. Außerdem trägt die Fassung den dicken aufwärtsgehenden

9½ Zoll langen Draht c, der in einer Gabel endigt. Um das obere Ende der 15 Zoll langen gläsernen Aufsatzröhre ist eine dicke Metallfassung gelegt, an der ein Tisch für die später anzugebende Drehvorrichtung befestigt ist, und die sich oben zu einem vorspringenden Kragen erweitert. Auf diesem liegt ein Metallring mit aufwärtszeigendem Index d, der daher um die Fassung gedreht und an eine beliebige Stelle gebracht werden kann. Der drehbare Ring wird durch einen aufliegenden festgeschraubten Ring in seiner Lage erhalten. Im Innern ist die Metallfassung sehr sorgsam ausgedreht zur Aufnahme eines breiten Metallkegels, auf dessen Basis der auf der hohen Kante getheilte Torsionskreis (Durchmesser 31 Lin.) festgeschraubt ist. Dicht unter dem Torsionskreise liegt eine zweite Metallscheibe von 29½ Linien Durchmesser, die an der Stirn ausgehöhl und mit einem Schraubenzug versehen ist. Wird der Kegel in die Hülse eingesetzt, so geht diese Scheibe frei hinter den Index d durch, dessen obere Kante von der Kante des Torsionskreises durch einen kleinen Zwischenraum getrennt ist. Der Torsionskreis wird durch das Kreuz f, dessen Arme 3½ Zoll lang sind, bewegt; in der Axe ist der selbe, wie der darunterliegende Kegel, durchbohrt, und lässt den Stift g durch sich hindurch, der mit leichter Reibung auf und ab bewegt und durch eine Klemmschraube festgestellt werden kann. Dieser Stift ist an seinem untern abgerundeten Ende aufgeschnitten und klemmt durch Aufschreibung eines Ringes das obere Ende des Torsionsdrahtes. (Das untere Ende des Drahtes ist in derselben Weise an der Hülse des Wagebalkens festgeklemmt.) Zur freien Bewegung des Torsionskreises dient die horizontal liegende Schraubenspindel h, die sich an ihrem bezeichneten Ende in einem festen Lager um eine Nut dreht; an dem andern cylindrischen Ende aber in einem in einer Coulisse verschiebbaren Lager ruht. Dies Lager und damit die ganze Schraubenspindel wird durch die Messingfeder i gegen den Schraubenkreis gedrückt und kann von demselben abgerückt werden, indem das excentrisch drehbare Metallstück n gegen

einen vorspringende Kante geschoben wird. Hierzu dient der Winkelhebel m , der in der ausgezogenen Lage die grobe Bewegung des Torsionskreises erlaubt, in der punktierten die Schraube wirken lässt. Das Auslösen und Einfallen der Schraube geschieht äußerst sanft, ohne Stoß, der an dem empfindlichen Wagebalken merkbar würde. Die Schraubenspindel wird mit Hilfe eines Hooke'schen Schlüssels umgedreht, dessen 17 Zoll langer Stiel in der Gabel des Drahtes c ruht. Der Gang der Schraube ist so gewählt, dass eine ganze Umdrehung derselben eine Verrückung des Torsionskreises um mehr als einen Grad (nahe $1^{\circ}, 14$) bewirkt.

Die Elongationen des Wagebalkens hat man nur in seltenen Fällen zu messen, in welchen ein um den Glaseylinder in der Höhe des Balkens gelegter Papierstreifen benutzt wird, dessen willkürliche Theilung auf den Winkelwerth durch vorläufige Versuche zu bringen ist, indem man den Balken durch Drehung des Torsionskreises auf naheliegende Striche der Papiertheilung successiv führt. Die Eine bei der gewöhnlichen Messung stets wiederherzustellende Elongation des Balkens wird durch das in der Figur ersichtliche zusammengesetzte Mikroskop gefunden, das auf einer eigenen, unverrückbar befestigten Stativen horizontal gestellt ist. Die Einsicht in dasselbe geschieht von oben in ein vor das Ocular gelegtes Prisma; in der Bildfläche des Mikroskops ist ein in 50 Theile getheiltes Glas angebracht, durch welches die Weite von Oscillationen des Balkens um die Normallinie genau gemessen werden. Die Aufertigung und Aufhängung des Wagebalkens muss der Beobachter selbst übernehmen. Ich nahm zwei Glassäden von 3 Zoll Länge, gerade so dünn, dass sie sich nicht unter dem eigenen Gewichte bogen, und bekleidete sie mit Schellack, indem ich an dem Ende jedes Fadens ein Stück Lack befestigte, und dasselbe, durch vorsichtige Erhitzung, langsam bis zu dem andern Ende herunterfließen ließ. Die beiden, möglichst gleichmäßig überzogenen Glasfäden verband ich in gerader Linie durch einen zolllangen Schellack-

cylinder und befestigte an dem einen Ende eine $4\frac{1}{2}$ Linien dicke vergoldete Kugel aus Hollundermark, an dem andern die Kante einer zollbreiten Glimmerscheibe, die an der gegenüberstehenden Kante geschwärzt war. Der so zusammengesetzte Wagebalken wog 1,45 Gramm und wurde mittelst eines Messingbügels an einem Silberdrahte in der Mitte der Wage horizontal aufgehängt, so daß die Ebene der Glimmerscheibe durch den Draht ging. Nachdem der Draht durch drei unter den Glascylinder gelegte Keile in die Mitte desselben gebracht war, wurde das Mikroskop so gerichtet, daß die geschwärzte Kante der Glimmerscheibe in der Mitte des Feldes deutlich gesehen wurde. In Bezug auf den Aufhängedraht war zuvor Folgendes geschehen: Von einem Silberdrahte (Rad. 0,0135 Lin.) war eine passende Länge ausgesucht und durch ein angehängtes 10-Grammengewicht mehrere Stunden lang straff gespannt worden. Ich befestigte 22 Zoll davon mit Wachs auf dem Tische, zog den Stift *g* aus dem Torsionskreise, klemmte das eine Drahtende in der Axe desselben fest und beschwerte das andere Ende mit einem Wachsstäbchen. Aus Versehen war nämlich der Bügel des Wagebalkens etwas länger als der Durchmesser des Stifts *g*, und es konnte daher der Bügel erst an den Draht befestigt werden, nachdem letzterer durch den Torsionskreis hindurch in die Wage herabgelassen war. Um die Empfindlichkeit des Drahtes zu prüfen, wurde ein Messingstab, 109,17 Lin. lang, 0,58 Lin. dick, in den Bügel gelegt und die Zeit von 12 Oscillationen bestimmt, die der Stab durch Torsion des Drahts vollführte, diese Zeit betrug 535,6 Secunden. Da nun der schwingende Messingstab mit dem Bügel 3,64 Gramm wog, das Secundenpendel in Berlin 440,73 Linien lang ist, so ergiebt sich, daß an einem Hebelarme von 1 Linie Länge, normal gegen das Ende des Torsionsdrahts angebracht, ein Gewicht von 0,00007187 Gramm hinreicht, den Draht 1 Grad um seine Axe zu drehen. An dem elektrischen Wagebalken stand der Mittelpunkt der Kugel 54 Linien von der Drehungsaxe entfernt, und daher würde eine Kraft von 0,12 Milligramm, normal

gegen den Mittelpunkt wirkend, einer Torsion des Drahts um 90 Grade das Gleichgewicht halten. Eine solche Empfindlichkeit des Drahtes genügt zu allen bei elektrischen Versuchen vorkommenden Messungen. — Nachdem der Balken, wie eben erwähnt ist, in der Wage aufgehängt worden, wurde die Güte seiner Isolirung geprüft. Ich zog aus gutem Schellack einen 6 Zoll langen Faden, befestigte eine Hollundermarkkugel an denselben, und brachte diese durch die Oeffnung *a* in die Wage, so dass sie von der Kugel des Balkens berührt werden konnte. Durch Torsion des Drahtes wurden beide Kugeln in leichter Berührung erhalten und alsdann zusammen elektrisiert. Der Balken wurde abgestossen, und blieb, als er nach mehreren Stunden die feststehende Kugel wieder berührt hatte, an demselben haf-ten. Dies ist ein Zeichen der Tauglichkeit des Balkens, denn wäre derselbe nach Berührung der festen Kugel wieder abgestossen worden, so wäre hierdurch angezeigt, dass der Balken die Elektricität besser leitet, als der Schellack-faden. Der normale Elongationswinkel des Balkens muss, wo die Stellung des Mikroskops durch die Localität bestimmt ist, durch Drehung der ganzen Wage erreicht werden. (Dieser Winkel wird durch die Neigung zweier Ebenen gegeben, von welchen die eine durch den Aufhängedraht und den Durchmesser der Oeffnung *a*, die andere durch den Draht und die Axe des Mikroskops gelegt ist; derselbe be-trug bei meinen Versuchen ungefähr 20 Grade.) Nachdem dies geschehen, giebt man der Gabel *c* durch Drehung der Fassung *b* eine passende Lage (am bequemsten so, dass der Stiel des Hooke'schen Schlüssels dem Beobachter zur linken Hand liegt), und dann erst bringt man die Glimmerscheibe des Wagebalkens durch Drehung des Torsionskreises in die Mitte des Mikroskops. Hiernach wird der Index *d* des Torsionskreises auf den Nullpunkt gerückt; sollte diese Stellung der Ablesung nicht günstig seyn, so ändert man dieselbe, indem man den Stift *g*, nach Lüftung seiner Klemmschraube, in seiner Hülse dreht, und den Wa-

gebalken aufs Neue durch den Torsionskreis in das Feld des Mikroskops bringt.

Dies sind die wesentlichen Operationen bei Einrichtung und Aufstellung der Wage. Um das Instrument ungefährdet von einer Stelle zu einer andern schaffen zu können, muß das in der Figur angegebene Stück *p* angewendet werden. Dasselbe besteht aus einem Korkpropfen, in welchem in geeigneter schräger Lage eine Messinghülse mit Ring und Klemmschraube festgekittet ist, durch die Hülse geht ein 10 Zoll langer Draht mit einem löffelförmigen Bleche am unteren Ende. Nachdem der Kork in die Oeffnung *a* der Wage fest eingesetzt ist, wird der Löffel mit nach aussen gerichtetem Rande, durch Verschiebung des Drahtes in der Hülse, unter die Mitte des Wagebalkens gebracht, dann umgedreht und in die Höhe gezogen, wobei derselbe den Balken aufnimmt und sicher in seiner Höhlung ruhen läßt.

Die Prüfungskörper.

Sie bestehen aus Metallkugeln oder Scheiben an langen Schellackstielen, und müssen schnell und sicher an eine bestimmte Stelle der Wage gebracht werden können. Hierzu dient für jeden Prüfungskörper eine ebene Buchsbaumplatte (von 2 Zoll und 1 Zoll Seite), die nahe an einer langen Seite mit einem Loche und in diesem mit einem Korke versehen ist. Ein dünner Glasstab von etwa 3 Zoll Länge geht durch den Kork hindurch, und ist auf der oberen Fläche der Platte durch einen leicht schmelzbaren Kitt befestigt (4 Theile Colophon, 1 Wachs); das untere Ende des Stabes ist mit dem Schellackstiel des Prüfungskörpers verbunden. Will man daher diesen Stiel heben oder senken, oder ihn seitlich richten, so reicht eine mäßige Erwärmung des Glasstiels hin, demselben die dazu nötige Beweglichkeit zu geben.

Prüfungskugeln. Ausgesuchte Scherben von orangefarbenem Schellack wurden zwischen Spiegelplatten gerollt, so daß ein Stab von 5 Zoll Länge, oben $2\frac{1}{2}$, unten $1\frac{1}{8}$ Linie

dick, gebildet wurde. Bei dem ersten Zusammenschmelzen des Lacks ist ein Aufschäumen nicht zu verhindern, das später, wo nur eine Erweichung desselben nöthig ist, sorgfältig vermieden werden muß. Die Glasplatten waren ausgesucht, am Elektroskope als isolirend befunden worden, und wurden während des Gebrauches häufig mit Alkohol gereinigt. Als der Schellackstab seine Länge erhalten hatte, wurde er an den oben erwähnten Glasstab in der Holzplatte mit seinem dickeren Ende angeschmolzt, mit dem anderen Ende nach unten gerichtet und in einem Gestelle befestigt. Eine sorgsam abgedrehte Messingkugel von 2 Linien Durchmesser wurde, in Kork eingefuttert, erhitzt und durch Andrücken an das untere Ende des Schellackstiels angekittet. Es ist wesentlich, daß hierbei die Kugel nicht zu heiß sey, weil sonst der Schellack gebräunt und leitend wird. Nachdem so zwei Prüfungskugeln gefertigt waren, wurden sie einzeln elektrisiert, in die Wage gebracht und die Zerstreuung der Elektricität an ihnen untersucht. Bei wesentlicher Verschiedenheit der die Zerstreuung ausdrückenden Gröfse p wurde der Stiel der Prüfungskugel, welche für dieselbe den kleineren Werth gegeben hatte, verworfen und durch einen andern ersetzt, bis zwei gleichwerthige Stiele erhalten waren. Diese sind dann in der Wage gehörig zu richten. Eine der Kugeln wird, nach Erwärmung ihres Glasstiels, so gerichtet, daß sie die Kugel des Wägebalkens an einem bemerkbaren Punkte berührt, alsdann wird die Lage ihrer Holzplatte auf der Deckplatte der Wage genau bezeichnet, und der Wägebalken durch Drehung des Torsionskreises mit der Kugel in dauernde Berührung gebracht. Man dreht alsdann die Deckplatte der Wage so weit, bis die Glimmerscheibe des Balkens in der Mitte des Mikroskops erscheint (s. die Figur), entfernt die erste Prüfungskugel, und setzt die zweite an ihre Stelle. Auch diese muß durch Bewegung des erwärmtten Glasstiels so gestellt werden, daß sie die Kugel des Balkens an dem früheren Punkt berührt, und daß zugleich die Glimmerscheibe auf den mittelsten Strich des Mikroskops einspielt.

Letzteres kann durch Verschiebung der Holzplatte des Stiels genau erreicht werden, wonach auch die Lage dieser Platte auf dem Deckel der Wage bezeichnet wird.

Die Prüfungsscheiben. Der gerade Stiel der Scheiben wurde in der angegebenen Weise aus gewalztem Schellack verfertigt, in Hinsicht auf Zerstreuung geprüft und an einem Glasstiele in einer Holzplatte befestigt. Der Arm, der die Scheibe selbst tragen sollte, wurde in folgender Weise verfertigt. Ein holer Holzcylinder von $1\frac{1}{2}$ Zoll Höhe war an seiner Grundfläche mit einer durchbohrten Messingplatte versehen. Ein ausgesuchtes Schellackstäbchen von 2 Zoll Länge wurde an einem Ende bis zum Schmelzen erhitzt, und mit diesem Ende auf eine reine Glasplatte gestellt; der Holzcylinder wurde über dasselbe gestülpt und mit einem Gewichte von 3 Pfund beschwert. Bei einiger Vorsicht erhält man so an dem Schellackstäbje eine Scheibe von etwa $5\frac{1}{2}$ Linien Durchmesser mit spiegelnder Oberfläche. Ein zweites Schellackstäbchen wurde eben so behandelt, bis die erhaltene Scheibe mit der ersten gleiche Dicke und gleichen Durchmesser hatte. Dies gelang erst nach mehreren Versuchen, in welchen die bereits geprefste, nicht gentigende Scheibe an der Metallplatte der Holzscheibe vorsichtig erwärmt und auf's Neue geprefst wurde. Jede Scheibe wurde nun mit ihrem Stiele an einen langen Schellackstiel normal angesetzt, so dass die Fläche der Scheibe der Axe des Stiels sichtlich parallel stand. Ein Scheibchen von $5\frac{1}{2}$ Linien Durchmesser, mit einem scharfen Stahlstempel aus ächtem Goldpapier geschlagen, wurde auf der spiegelnden Fläche jeder Schellackscheibe mit Schellackfirniß befestigt und angedrückt. Um beiden Prüfungsscheiben eine gleiche Stellung in der Wage zu geben, brachte ich die eine Scheibe nach Erwärmung ihres Glassstiels in die Wage, und richtete sie so, dass die Kugel des Balkens ihre Mitte berühren konnte. Hierauf wurde, nach Feststellung des Wagebalkens durch den Halter *p* (s. die Figur), der Deckel der Wage abgenommen und frei aufgestellt, die Oeffnung *a* frei gemacht und die bereits eingepasste Prüfungsscheibe

genau an die vorher bezeichnete Stelle gesetzt. Eine kleine Glimmerscheibe von $5\frac{1}{6}$ Linien Durchmesser, an dem Ende einer Schraube befestigt, deren Mutter festgestellt war, wurde genau mit der Prüfungsscheibe in Berührung gebracht und die letztere darauf entfernt. Ich machte nun den Stiel der zweiten Prüfungsscheibe nach allen Seiten biegsam, indem ich das Knie derselben und den Glasstiel oberhalb der Holzplatte erwärmt, und suchte die Goldscheibe in die durch die feste Glimmerscheibe gegebene Stellung zu bringen. War dies gelungen, so wurde wieder die erste Prüfungs-scheibe versucht und so fortgefahren, bis beide Scheiben eine identische Stellung hatten, wenn die Holzplatte einer jeden die auf der Deckplatte der Wage bezeichnete Lage inne hatte.

Da man der vollkommenen Gleichheit zweier Prüfungs-körper niemals sicher seyn kann, so ist es gerathen, bei der Wiederholung der Bestimmung eines Dichtigkeitsver-hältnisses $\frac{a}{b}$, den Körper, der früher a mafs, zur Messung von b anzuwenden und das Mittel beider Bestimmungen zu nehmen. — Um der Tauglichkeit zweier Prüfungskörper ge-wiss zu seyn, berühre ich denselben Punkt an dem Knopfe einer geladenen Leydener Flasche schnell nach einander mit den beiden Körpern, und bestimme das Verhältniss der auf-genommenen Elektricitätsmengen nach der oben gelehrteten Methode. Da hier das Verhältnis einer Dichtigkeit zu ihr selbst bestimmt wird, so mufs, wenn die Prüfungskörper tauglich sind, ein von der Einheit wenig abweichender Werth erhalten werden. Die Messung geschieht ganz so, wie bei der Bestimmung irgend eines Dichtigkeitsverhältnisses, weshalb ich einige solcher Prüfungsversuche als Bei-spiele der angegebenen Bestimmungsmethode hier folgen lasse.

Scheibe.	Zeit- intervall.	Torsionen		Verhältnis Scheibe 2 zu 1.
		beobachtet.	berechnet.	
1	2	246		1,02
	3,6	229	250,8	
	2,5	215		
2	1	233		0,99
	3,5	216	234,3	
	3,3	200		
			Mittel	1,00
Kugel.				Kugel 4 zu 3.
4		93		1,00
	3	85		
	4	75	92,5	
3	4	175		1,00
	2,9	159,5		
	2	149,5	175,3	

Die berechnete Torsion ist nach Formel II (S. 368) gefunden, und ergiebt sich z. B. für die letzte Beobachtung folgendermassen:

$$\begin{aligned} \text{Es ist } t_z &= 159,5 \quad d = 10 \quad z = 2,9 \quad z' = 2, \\ \text{daher } p &= \frac{2 \cdot 154,5}{10} = 30,9 \quad \frac{p}{z} = 0,5 = 10,1 \\ t_0 &= 159,5 + \frac{159,5}{10,1} = 175,3. \end{aligned}$$

V. Ueber eine Vereinfachung der Uhrwerke, welche zur Hervorbringung einer gleichförmigen Bewegung bestimmt sind; von M. H. Jacobi.

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. a. d. *Bullet. phys. math. de St. Petersb.*, T. VI.)

In der practischen Mechanik kommt oft die Aufgabe vor, eine gleichförmige continuirliche Kreisbewegung durch Gewichte hervorzubringen. Der Angriffspunkt der Kraft ist gewöhnlich eine einfache Schnurrolle oder ein an seiner Oberfläche mit schraubenförmigen Einschnitten versehener

Cylinder, von dessen Axe aus die Bewegung durch mehrfache Uebersetzungen von Rad und Getriebe, endlich bis zu einer Axe fortgepflanzt wird, die einen aus zwei oder mehreren Flügeln bestehenden Windfang trägt, und die sich mit großer Geschwindigkeit umdreht. Der Zweck dieses Windfanges ist, durch den Widerstand, den er in der Luft erfährt, der Beschleunigung der Schwere das Gleichgewicht zu halten. Diese bekannte und vielfach angewendete Einrichtung hat indessen folgende Nachtheile:

- 1) Man bedarf einer ansehnlichen Anzahl Räder und Getriebe, welche um desto sorgfältiger gearbeitet seyn müssen, je größer ihre Umlaufgeschwindigkeit ist.
- 2) Es verfließt jedesmal eine namhafte Zeit, bevor die Bewegung das Maximum ihrer Geschwindigkeit und den gleichförmigen Beharrungszustand erreicht.
- 3) Bei plötzlicher Arretirung des Systems entsteht eine um so heftigere Reaction, je größer die in Bewegung gesetzten Massen sind und je beträchtlicher ihre Geschwindigkeit ist.

Bei einer Aufgabe, die mir vorkam, war es einerseits Bedingung, diese Reaction auf ihr Minimum zurückzuführen oder unschädlich zu machen, andererseits das Maximum der Geschwindigkeit, welches das System haben sollte, in unmessbar kurzer Zeit zu erreichen. Das erstere konnte ich auf bekannte Weise leicht bewirken, indem ich nicht nur den Windfang, sondern auch sämmtliche Räder, statt sie fest mit den Axen zu verbinden, nur mit Reibung aufsetzen ließ. Den zweiten Punkt zu erledigen und zugleich eine beträchtliche Verminderung des früher erforderlichen Räderwerkes herbeizuführen, gelang mir vollkommen durch ein einfaches Mittel, das ich hier mittheile, weil es, so viel ich weiß, bis jetzt noch nicht angewendet worden ist, und in vielen Fällen von großem Nutzen seyn kann. Ich lasse nämlich den Windfang, statt in der Luft, *in einem mehr widerstehenden Mittel, und namentlich in Oel laufen*. Dieses letztere befindet sich in einem Gefäß, auf dessen Boden ein Pfannenlager befestigt ist, in welchem der Zapfen

einer verticalen Welle oder Axe läuft, an welcher der Windfang befestigt ist. Diese Axe erhält ihre Bewegung durch ein konisches Rad und Getriebe, oder durch ein gewöhnliches Getriebe, in welches ein Kronrad greift. Man über sieht, dass die Geschwindigkeit dieser letzteren Axe um desto geringer seyn kann, je grösser die Flügel des Windfanges oder je mehr dieselben von Oel bedeckt sind. Hierdurch erhält man zugleich ein leichtes Mittel die Geschwindigkeit des ganzen Systems zu reguliren. In manchen Fällen, besonders wo veränderliche Widerstände vorkommen, dürfte es nöthig seyn, an der letzteren Axe eine dem Schwung regulator bei Dampfmaschinen ähnliche Vorrichtung anzu bringen, mit welcher der Windfang so verbunden wäre, dass wenn die Geschwindigkeit abnahme, die Flügel aus der Flüssigkeit herausgehoben, dagegen tiefer eingesenkt würden, wenn die Geschwindigkeit sich vermehrte. Ueber die erforderlichen Größenverhältnisse lassen sich natürlich keine bestimmten Regeln geben, weil die Zwecke, die man erreichen will, sehr verschiedenartig seyn können. Jeder nur einigermaßen verständige Arbeiter wird aber leicht das richtige Verhältniss finden können. Bei dem Uhrwerke, das ich der Klasse hierbei vorzustellen die Ehre habe, und bei dem es sich darum handelt, einer verticalen Scheibe, die häufig plötzlich arretirt werden muss, und die oft nur Winkel von 10° zu beschreiben hat, eine Geschwindigkeit von 15 Umdrehungen in der Minute zu ertheilen, besitzt die verticale Axe, welche den Windfang trägt, nur eine Geschwindigkeit von 85 Umdrehungen in der Minute. Der Windfang selbst besteht aus vier Flügeln von $\frac{1}{8}$ " Länge und $\frac{1}{8}$ " Höhe. Hätten es anderweitige Bedingungen des Werks erlaubt, die Scheibe horizontal zu stellen, so hätte man den Windfang unmittelbar an der Axe dieser sich nur 15 Mal in der Minute drehenden Scheibe befestigen und nur die Flügel desselben etwas verlängern dürfen. Die Vorzüge, welche dieses Uhrwerk besitzt, bestehen:

- 1) in der Einfachheit seiner Construction,
- 2) darin, dass es das Maximum der Geschwindigkeit und

die Gleichförmigkeit der Bewegung in unmessbar kurzer Zeit erreicht,

- 3) dass beim plötzlichen Arretiren der Scheibe, oder vielmehr des daran befestigten Zeigers, nicht die mindeste Reaction stattfindet.

VI. Ueber Sir David Brewster's neue Zerlegung des Sonnenlichts.

(*Phil. Mag. Ser. III, Vol. XXX, p. 73*, wo der Titel des Aufsatzes ächt aristokatisch wörtlich so lautet: *The Astronomer Royal on Sir David Brewster's New Analysis of Solar Light.*)

In den Anmerkungen zur zweiten Ausgabe der »*History of the Inductive Sciences*«, hat Hr. Dr. Whewell sich mit meiner Bewilligung auf Versuche von mir bezogen, die ich in einer Sitzung der *Cambridge Philosophical Society* vorgetragen, und in der Absicht angestellt habe, um die von Sir David Brewster in seinem Aufsatz: »*On a New Analysis of Solar Light, indicating three Primary Colours, forming Coincident Spectra of equal length*¹⁾«, gezogenen Schlüsse zu widerlegen (*to invalidate*). Ich halte es demnach für meine Schuldigkeit, dem Publicum diese Versuche so genau zu beschreiben, als ich es jetzt vermag. Indeß muß diese Beschreibung theilweis unvollständig bleiben, und zwar aus folgenden Gründen. Ich hatte die Resultate der Versuche oder die daraus gezogenen Schlüsse niemals ordentlich niedergeschrieben, und gab den mündlichen Bericht in der *Cambridge Philosophical Society*, so weit er die Thatsachen betraf, nach bloßen zur Zeit der Versuche aufgezeichneten Bleistift-Notizen, und mehr noch aus dem Gedächtniß. Diese Notizen habe ich verlegt, und daher bin ich unvermögend die Namen und die Combinatio-

1) *Transact. of the R. Edinb. Soc. Vol. XII.* — Auszugsweise in diesen Annalen, Bd. 23, S. 435.

tionen der von mir angewandten absorbirenden Substanzen im Detail anzugeben. Allein in Betreff der Methode, der Resultate und der Schlüsse habe ich noch Alles so vollkommen inne, wie an den Tagen, da die Versuche angestellt wurden. Nachdem ich dieses vorausgeschickt, will ich meinen Bericht in derselben Ordnung geben, wie ich ihn, ich glaube im J. 1833, in der *Cambridge Philosophical Society* vorgetragen habe.

Zunächst muß ich bemerken, daß wenn auch die von Sir David Brewster angeführten Thatsachen außer allem Zweifel gesetzt wären, doch der Schluss auf die drei Farben ungemein zweifelhaft ist. Es ist wohl gewifs, daß die scheinbaren Farben des Spectrums auch durch Combinationen von anderen Farben hervorgebracht werden können, und daher scheint kein hinreichender Grund vorhanden, um gerade die von Sir David Brewster angenommene zu wählen. Es ist ganz natürlich, daß die Aufmerksamkeit des Lesers auf diese Farben hingelenkt wird, denn da Sir David Brewster die Details seiner Theorie in bedeutender Ausführlichkeit entwickelt, ehe er seine Versuche giebt, so wird der Leser zu der Voraussetzung verleitet, diese Versuche zeigten wirklich drei solche Spectra wie im Titel des Aufsatzes angekündigt sind. Diejenigen aber, welche in die Einzelheiten des Aufsatzes eindringen, werden sehen, daß die Versuche dergleichen nicht darthun. Das Einzige, was die Versuche angeblich zeigen, ist: daß durch Anwendung verschiedener absorbirender Media gewisse Stücke der Spectra gewisse Farbenveränderungen erleiden. Und die einzige Frage, welche ich aufzuwerfen geneigt bin, besteht darin: Ist es ausgemacht, daß die Farbe irgend eines Stücks vom Spectrum verändert werde durch Anwendung eines absorbirenden Mediums?

Meine zweite Bemerkung betrifft eine, wie ich glaube, mögliche Fehlerquelle in Sir David Brewster's Versuchen. Aus seinem Aufsatz geht nicht hervor, daß das abgeänderte Spectrum sogleich mit einem unveränderten verglichen worden sey. Ich bin aber der festen Ansicht, daß

das Auge kein Gedächtniß für Farben besitzt, und keine Angabe über Farbenveränderung zuverlässig ist, sobald nicht die unveränderte Farbe neben die muthmaßlich veränderte gelegt wird.

Drittens muss ich bemerken, dass, wie es scheint, keine Vorsicht getroffen war, Licht aus anderen Quellen von dem Auge abzuhalten. In der That ist es gewiss, dass bei einem Versuche von Sir William Herschel, auf welchen Sir David Brewster verweist, eine Mischung von andrem Lichte zugegen war. Als das Spectrum auf blankes Messing geworfen wurde, »machte die Farbe des Messings die rothen Strahlen wie orange erscheinen, und die Orangenfarbe war ebenfalls anders als sie hätte seyn müssen«. Wenn man aber Sir William Herschel's Aufsatz nachliest, wird man sehen, dass das Spectrum durch ein Prisma gebildet ward, welches sich in dem oberen Theil eines offenen Fensters befand; und es hält nicht schwer vorauszusagen, was der Effect eines von allen übrigen Theilen des Fensters herkommenden Lichtes seyn müfste.

Ich schreite nun zur Beschreibung der Form, unter welcher meine eigenen Versuche gemacht wurden.

Ich verfinsterte meinen Hörsaal durch Schließung der Fensterläden, deren Fugen fast absolut lichtdicht waren. Durch ein Loch in einem dieser Laden wurde mittelst eines Reflectors von außen Sonnenlicht in zweckmässiger Richtung hineingeworfen. Hinter diesem Loche, jedoch in hinreichendem Abstande, um eine absorbirende Substanz einzuschalten, befand sich eine Metallplatte mit einem Schlitz von zwei Zoll Länge und veränderlicher Breite. Das durch diesen Schlitz gehende Sonnenlicht fiel auf ein sehr gutes Prisma, das, in der Entfernung von etwa einem Fuß, mit seiner Axe dem Schlitte parallel war. Hinter dem Prisma befand sich eine grosse Linse, mittelst welcher die vom Schlitz aus divergirend auf das Prisma fallenden Strahlen zur Convergenz gebracht wurden, so dass sie auf einem Papier schirm ein sehr gutes Spectrum bildeten, hinreichend rein, um mehrere der stärkeren Linien Fraunhofer's zu

zeigen. Sorgfältig ward jedes andere Licht vom Schirme abgehalten.

Um die Wirkung eines absorbirenden Mediums zu zeigen, war es nur nöthig dasselbe vor den Schlitz zu bringen, in solcher Weise, daß es das Licht, welches durch einen Theil des Schlitzes gehen sollte, auffing und durchliess. Der entsprechende Theil des Spectrums erlitt die durch die Absorption hervorgebrachte Abänderung, ohne daß er gegen den unveränderten Theil irgendwie verschoben ward (die Fraunhofer'schen Linien ließen ohne Verschiebung durch beide), nur war er getrennt von ihm durch die kleine Unterbrechung, welche gewöhnlich durch die Ränder jeder brechenden Substanz veranlaßt wird. Es ist unmöglich, für den Vergleich des modificirten und unmodificirten Spectrums günstigere Umstände als diese zu erkennen.

Ich bin, wie schon gesagt, außer Stande ein vollständiges Verzeichniß der angewandten absorbirenden Media zu geben. Ich benutzte jedoch mehre Proben von smal-blauem Glase, alle Arten farbiger Gläser, welche ich mir zu verschiedenen Zeiten von einem Glashändler verschaffen konnte, und alle auffallend farbigen Flüssigkeiten, die sich von einem Chemiker erhalten ließen, so wie auch Portwein, Porter u. s. w. Die Flüssigkeiten wurden in platten Flaschen angewandt; besser würden schwach prismatische Gefäße gewesen seyn, da sie hätten die Flüssigkeiten in verschiedener Dicke anwenden lassen.

Von den Resultaten dieser Versuche kann ich wenig mehr als das einzige negative angeben, — daß in der Qualität der Farben keine Aenderung hervorgebracht ward. Nach der geduldigsten Untersuchung konnte ich nicht einmal einen Verdacht auf eine Veränderung fassen, ausgenommen in zwei oder drei Fällen, wo es mir vorkam, als wäre die blaue Farbe nach beiden Seiten hin ausgedehnt, und schnitte einerseits auf dem Grün und andererseits auf dem Blauen ab; allein selbst dieser Argwohn verschwand, als ich die Oeffnungen sorgfältiger schloß, durch welche

etwas verirrtes (*stray*) Licht zwischen dem Loch im Laden und dem Schlitz in der Metallplatte eindrang.

Das Resultat, welches ich darzubieten vermag, ist nothwendig nur ein negatives, und der Schluss, zu welchem es führt, würde durch Aufstellung einer widersprechenden That-sache aufgehoben. Allein eine solche Thatsache müßte außer allem Zweifel festgestellt werden, und ich stehe nicht an zu sagen, daß kein Versuch vor den meinen einen zweifelsfreien Schluss gestattet. Als unerlässlich nothwendig für Genauigkeit bestehe ich auf zwei Punkten: Juxtaposition des modificirten und unmodificirten Spectrums, und Ausschließung jedes anderen Lichts.

Auch muß sich der Experimentator in Acht nehmen vor den Veränderungen, welche das Licht durch bloße Verstärkungen oder Schwächungen scheinbar in seiner Qualität erleidet. Jedermann weiß z. B., daß wenn die untergehende Sonne eine schwach gelbe Farbe anzunehmen anfängt, ihr Licht, von einer weiss betünchten Mauer aufgefangen, als ein mattes Roth (*a full blush red*) erscheint, ob wohl nicht der geringste Grund zu glauben da ist, die Qualität sey wirklich verändert.

*VII. Erwiderung auf den vorstehenden Aufsatz
über eine neue Zerlegung des Sonnenlichts;
von Sir David Brewster.*

(*Phil. Mag. Ser. III, Vol. XXX, p. 153.*)

Die Bemerkungen des Hrn. Airy über meine Analyse des Sonnenspectrums haben ohne Zweifel bei den wissenschaftlichen Lesern eben so viel Verwunderung erregt, als bei mir, und dies unabhängig von der Richtigkeit oder Unrichtigkeit der Resultate, auf welche sie sich beziehen. Wenn ein Physiker die Untersuchungen eines anderen prüft und seine Meinung über dieselben ausspricht, besonders über

solche, welche competente Richter für gültig (*sound*) erklärt haben, so ist er verpflichtet, dieselben Versuche, welche er verwirft, mit ähnlichen Apparaten und ähnlichen Materialien zu wiederholen, die beobachteten Unterschiede anzugeben, die Ursachen der Abweichungen auszuforschen, seine eigenen Ansichten durch neue und entscheidende Versuche festzustellen, und, zur Rechtfertigung seiner Anklagen gegen einen Mitarbeiter in der Wissenschaft, seine Untersuchungen zu veröffentlichen. Alles dieses hat Hr. Airy nicht gethan, sondern einen Weg eingeschlagen, welcher in der Wissenschaft eben so ungewöhnlich, als nachtheilig für deren Fortschritte ist.

Die Frage (die einzige, wie Hr. Airy sagt), auf welche diese Beobachtungen Bezug haben, ist diese: *Ist es ausgemacht, dass die Farbe irgend eines Stücks vom Spectrum verändert werde durch Anwendung eines absorbirenden Mediums?* Auf diese Frage habe ich und Andere die Antwort gegeben, *dass absorbirende Media wirklich die Farbe verschiedener Stücke des Spectrums verändern*. Ich gebe diese Antwort noch jetzt, und ehe ich glaube, dass ich während der letzten *funfzig* Jahre blind gewesen sey, will ich die Vermuthung wagen, dass der Königliche Astronom die Farben nicht unterscheiden könne, ein ächter *Idiops* sey, — ein Name, den sein Freund, der Dr. Whewell, für die unglücklichen Mitglieder der farbenblinden Gemeinde vorgeschlagen hat.

Bevor ich mich über die Analyse des Spectrums durch Absorption auslasse, muss ich von der Anstellungsweise der Versuche reden. Hr. Airy sagt: »*das Auge habe kein Gedächtniss für Farben*«, und es sey daher nothwendig, das *modificirte Spectrum sogleich mit dem unmodificirten* zu vergleichen. Es mag wahr seyn, dass das Auge kein Gedächtniss irgend einer Art habe, und deshalb auch nicht für Farben; allein ich weiss, dass ich ein Gedächtniss für Farben habe, die Farben durch eine *funfzigjährige Uebung (Schooling)* meinem Gedächtnisse so eingeprägt sind, dass ich ohne unmittelbaren Vergleich sagen kann, ob ein *grüner Raum*

gelber geworden sey oder nicht, ob ich eine Portion von *weissem* Licht, welche durch gewisse Combinationen absorbirender Media im Spectrum neben einer Portion von *rothem* Licht, wie eine *Mandel* neben einer *Kirsche* liegt, vor mir sehe oder nicht.

Allein abgesehen von diesen Betrachtungen, bitte ich Hrn. Airy sich zu erinnern, dass ich der Erste war, welcher die von ihm als die seinige betrachtete Methode des Nebeneinanderlegens der *modificirten* und *unmodificirten* Spectra, durch Benutzung eines und desselben Schlitzes für beide, anwandte, dass ich sie ihm vor *fünfzehn* Jahren zeigte, als er mir die Ehre erwies, mich in Roxburgshire zu besuchen. In dem im Jahr 1833 vor der K. Gesellschaft gelesenen Aufsatz: »Ueber die Linien im Spectrum«¹⁾ drücke ich mich, wo ich von der Coincidenz der Salpeter-gas-Linien mit den Fraunhofer'schen spreche, folgender-massen aus:

„Um einen augenscheinlichen Beweis von dieser Thatsache zu liefern, bildete ich das Sonnen- und das Gasspectrum *mit Licht, das durch eine selbe Öffnung* ging, so dass die Linien in dem einen denen im andern gegenüberstanden wie die Theilstriche eines Kreises und seines Nonius, und das Zusammenfallen oder Nichtzusammenfallen ein Gegenstand der blofsen Anschaung ward. Ich legte dann die zwei Spectra, wenn sie beide aus Sonnenlicht gebildet waren, übereinander, und zeigte somit auf einmal die beiden Streifen von Linien mit allen ihren Coincidenzen und scheinbaren Abweichungen davon. Prof. Airy, dem ich diesen Versuch zeigte, bemerkte, dass er die eine Reihe von Linien durch die andere hin sehe, was eine genaue Beschreibung eines Phänomens ist, das vielleicht eines der glänzendsten in der physischen Optik ist, sowohl für das Auge als für das Urtheil.“

Am 15. April 1822 legte ich der K. Gesellschaft zu Edinburgh einen Aufsatz vor, in welchem ich verschiedene Versuche beschrieb, *zum Beweise*, dass die Farbe von Theilen des Spectrums durch absorbirende Mittel verändert wird, und an der brechbarsten Seite der Linie *D* eine *deutliche*

1) *Edinb. Transact., Vol. XII, p. 525.* (Auszugsweise in dies. Ann. Bd 28, S. 386; Bd. 33, S. 233 und Bd. 38, S. 50.)

*gelbe Zone ausgeschieden werden kann*¹⁾). Um dieselbe Zeit richtete Sir John Herschel einen Brief an mich »Ueber die Absorption des Lichts durch farbige Mittel etc.²⁾«, enthaltend Versuche, aus welchen er einen dem meinigen gleichen Schluss zog, wie aus dem Briefe und aus folgenden Stellen seines *Treatise on Light* hervorgeht. Als er das Spectrum durch ein Stück smalteblauen Glases von 0,042 Zoll Dicke betrachtete, machte er die folgende Beobachtung:

„Dieses *Roth* (das innerste von zwei rothen Zonen) war frei von dem geringsten Stich in's *Orange*; seine brechbarste Zone ging sehr nahe bis zur schwarzen Linie *D* im Spectrum. Eine schmale, scharfe, schwarze Linie trennte dieses *Roth* von dem *Gelb*, welches eine ziemlich wohl begränzte Zone von großer Lebhaftigkeit und Reinheit der Farbe war, breiter als das erste *Roth*, und begränzt an der grünen Seite durch einen dunklen, obwohl nicht ganz schwarzen Raum.“ — Art. 496.

Nach dieser deutlichen und gut beschriebenen Beobachtung, die auch ich wohl hundert Mal gemacht habe, argumentirt Sir John wie folgt:

„Die beiden im Art. 497 angegebenen *Roth* haben durchaus dieselbe Farbe, und lassen sich nicht unterscheiden. Andererseits ist der Uebergang vom reinen *Roth* in reines *Gelb* in den dort beschriebenen Fällen ganz plötzlich, und der Contrast der Farben höchst auffallend. . . . Was ist nun, kann man fragen, aus dem *Orange* geworden, und wie geschieht es, dass seine Stelle einerseits durch *Roth* und andererseits durch *Gelb* eingenommen ist? Sicher führen diese Erscheinungen zu dem Glauben, dass die Zerlegung des weißen Lichts durch das Prisma nicht die einzige zulässige sey. . . . Diese Idee ist vom Dr. Brewster in einem in den *Edinburgh Transactions*, Vol. IX, enthaltenen Aufsatz ausgesprochen, und dieselbe Folgerung scheint sich aus anderen in demselben Bande dieser Schriften veröffentlichten Versuchen zu ergeben.“ — Art. 506.

Seit 1822 hatte ich im Laufe von zehn Jahren Gelegenheit das Spectrum buchstäblich durch hunderte von starren, flüssigen und gasigen Körpern in verschiedenen Combinationen zu beschauen, und dies führte mich zu der Verallgemeinerung, die ich in dem am 21. März 1831 in der

K.

1) *Edinb. Phil. Transact.*, Vol. IX, p. 433 — 444.

2) *Ibid.* p. 445 — 460.

K. Gesellschaft zu Edinburg gelesenen Aufsatze: »Ueber eine neue Analyse des Sonnenlichts« beschrieben habe¹⁾). Ich bemühte mich durch specifische Versuche zu beweisen, dass das Sonnenspectrum ein Zusammengesetztes und durch absorbirende Mittel zerlegbar sey, und es gelang mir eine Portion weissen Lichts daraus abzuscheiden, welche das Prisma nicht zu zersetzen vermochte. Da dies indes nicht die streitigen Punkte zwischen dem Königl. Astronomen und mir sind, so werde ich nicht weiter davon reden.

Fast drei Jahre nach der Lesung dieses Aufsatzes, am 6. Jan. 1834, machte der Präsident und Rath der Königl. Gesellschaft folgende Anzeige:

„Der Präsident zeigt an, dass der Rath beschlossen hat, dem Sir David Brewster für seinen Aufsatz über die neue Analyse des Sonnenlichts den zweijährigen Keith'schen Preis für die zweite Periode zuzuerkennen.“

Da ich damals auf dem Lande lebte, so hatte ich keine Kunde von der Absicht der K. Gesellschaft, mir diese Ehre zu erweisen. Es wurden mir keine Zweifel an der Genauigkeit meiner Versuche geäussert, und keine Erläuterungen abgefordert; ich erfuhr die Preis-Ertheilung, erst als ich am 6. Jan. einer Sitzung der K. Gesellschaft in Edinburg beiwohnte und jene Anzeige vorgelesen ward. Prof. Forbes, Secretär der physikalischen Klasse, war damals der Vertreter der Physik in dem Rath. Ich wusste, dass er viele Versuche über die Wirkung absorbirender Mittel auf das Sonnenspectrum angestellt hat, und ohne Zweifel hat er auch die von Sir John Herschel und mir beschriebene fundamentale Thatsache beobachtet, welche, wenn sie richtig ist, die Frage zwischen Hrn. Airy und mir beseitigt.

Wie man gesehen, hat Hr. Airy i. J. 1833 Versuche über das Spectrum angestellt. Er konnte bei Wirkung absorbirender Mittel auf das Spectrum keine Farbenveränderung wahrnehmen, und trug dieses Resultat *mündlich* und aus dem Gedächtniss in einer Sitzung der *Philosophical Society* zu Cambridge vor. Er hielt es nicht für werth, seine

1) *Edinb. Transact.*, Vol. XII, p. 123.

Resultate aufzubewahren, denn er copirte nicht einmal seine Bleistiftnotizen; er glaubte nicht, dass sie einer Veröffentlichung verdienten, und dennoch nahm Dr. Whewell, der Historiker der Wissenschaft, sie vier Jahre später auf, und überging Sir John Herschel's Versuche, welche er nicht gekannt haben mag, so wie die meinigen, welche er kannte. Ohne Rücksicht auf die Entscheidung der K. Gesellschaft, giebt er Hrn. Airy's Versuche, doch ohne dessen Namen als dem meinigen feindselig zu nennen, durch die Angabe, dass meine Thatsache »von anderen Experimentatoren geläugnet worden sey.«

Die willkürliche Verwerfung der Genauigkeit meiner Versuche auf anonyme Autorität ward in einer der Recensionen von Dr. Whewell's Werke gerügt, weshalb er sich denn natürlich bei Veröffentlichung einer zweiten Ausgabe an seinen anonymen Experimentator wendet, der sich als Hr. Airy herausstellt. Ohne einen einzigen neuen Versuch zu machen, ohne einmal seine Bleistiftnotizen zu gebrauchen, welche er verloren zu haben scheint, ermächtigt der Königliche Astronom den *Master of Trinity* (Meister (Director) des Trinity-College in Cambridge) wiederum seine Versuche anzuführen, als meiner Analyse des Sonnenlichts widersprechend. Dr. Whewell hat dieses natürlich gethan, aber in einer Note, die in ihren Argumenten so zweideutig und in ihren Fragen mir so unverständlich ist, dass ich nicht umhin kann sie zu kritisiren. Er fragt mich z. B., ob damit gemeint sey, d. h. ob ich meine, dass Newton's Versuche *nichts bewiesen?* Wo habe ich je gesagt, dass sie nichts bewiesen? Newton's prismatische Zerlegung des Sonnenspectrums ist nach meiner Meinung eine seiner größten Entdeckungen. »Oder,« setzt er hinzu, »ist Newton's Folgerung nur wahr zu halten für Licht, welches nicht durch Absorption zerlegt worden ist? « Hierauf erwiedere ich, dass Newton's Schlüsse in Bezug auf die scheinbare Zerfällung des Spectrums in sieben Farben und deren verschiedene Brechbarkeit nicht im Geringsten durch meine Zerlegung des Sonnenlichts angetastet werden. »Und

wo,“ fährt er fort, „finden wir ein solches Licht, seitdem die Atmosphäre absorbirt.“ Ich antworte darauf, daß Newton's prismatische Analyse nothwendig die Analyse eines Lichtes seyn muß, welches alle beim Durchgang durch die Atmosphären der Sonne und der Erde ausgesetzten Einwirkungen erlitten hat; allein, wenn ich den Gegenstand der Frage mißverstand, so muß ich andererseits antworten, daß ein Licht, welches keine Absorption erlitt und in welchem kein einziger bestimmter Strahl fehlt, in den uns allen bekannten weissen künstlichen Flammen gefunden wird. Ich habe in meiner Original-Abhandlung deutlich gesagt, was Dr. Whewell nicht gelesen zu haben scheint, daß Newton's prismatische Analyse des Sonnenlichts, so weit sie reicht, vollkommen ist. Doch Newton beging einen Irrthum, wenn Irrthum der rechte Ausdruck ist, indem er angiebt, daß dieselbe Brechbarkeit immer derselben Farbe angehöre.

Nachdem er Hrn. Dr. Whewell ermächtigt, seine Versuche über Absorption abermals anzuführen, hat es der Königliche Astronom, um dies zu rechtfertigen, für nothwendig gehalten, diese Versuche aus seinen Erinnerungen zu veröffentlichen. Es ist das erste Mal in den Annalen der Wissenschaft, daß *Erinnerungen von Versuchen der Welt* übergeben werden. Ein alternder Physiker, dessen schwaches Gesicht und zitternde Hand nicht mehr zu den feinen Operationen einer Experimental-Untersuchung geschickt sind, mag entschuldigt seyn, wenn er zur Stütze oder Widerlegung einer anregenden Speculation die Erinnerungen seines Mannesalters zurückruft; allein diese Entschuldigung paßt nicht für die, welche, bei den Mitteln und der Masse zur Wiederholung ihrer Versuche, Erinnerungen vorbringen, um die Untersuchungen Anderer, die in demselben Felde der Wissenschaft mit Geduld und Erfolg gearbeitet haben, zu verdächtigen oder umzustoßen.

Im gegenwärtigen Falle haben diese Erinnerungen einen noch besonderen Charakter: sie werden von dem Verfasser „nur als negativ“ ausgegeben. „Von den Resultaten

dieser Versuche«, sagt der Königl. Astronom, »kann ich wenig mehr als das einzige negative geben, — dass in den Qualitäten der Farben keine Veränderung hervorgebracht ward.« Diese Erinnerungen haben jedoch noch eine andere Absonderlichkeit. Obwohl auf Farben sich beziehend, sind sie die Erinnerungen einer Person, welcher bekennt, dass sie kein Gedächtnis für Farben besitze, und so unvollkommen sind sie, dass er die Namen der von einem Chemiker erhaltenen Substanzen, durch welche er das Spectrum beschaute, vergisst, und sich nur »des Portweins und des Porters« aus seinem eigenen Keller erinnert. Hr. Airy kann uns nicht einmal sagen, was er wirklich sab, als er die Sonnenstrahlen durch smalteblaues Glas, Portwein und Porter absorbirte. Das dadurch entstandene Spectrum beschreibt er nicht, sondern sagt uns nur, dass die Beschaffenheit der Farben unverändert blieb. Sir John Herschel machte, wie wir gesehen haben, den Versuch sorgfältig mit demselben Glase und beschrieb die Resultate davon sehr genau; ich that dasselbe, und wir beide fanden, dass die Qualitäten der Farben entschieden geändert wurden. Allein Hr. Airy hat den Versuch vielleicht geschickter angestellt als wir; er sucht sich zu sichern, indem er das modifizierte Spectrum mit dem unmodifizirten vergleicht und alles fremde Licht ausschliesst, — Vorsichtsmäfsregeln, welche Andere sorgfältiger und wirksamer trafen als er es that. Bei allen diesen Vorsichtsmäfsregeln vernachlässigte er jedoch die wichtigste. Er fing das Spectrum mit einem Papierschirm auf! und als er es so beschaute, ward seine Retina von all den verschiedenartigen Farben afficirt, die in seinem modifizirten und unmodifizirten Spectrum erschienen. Bei Sir John's Versuchen drang vielleicht, und bei meinen eigenen gewils, kein anderer Lichtstrahl in das Zimmer, als welcher durch die enge Spalte ging. Die Netzhaut war unser Schirm, und das absorbirende Mittel wurde dicht vor das Auge und unmittelbar hinter das Prisma gehalten, — die einzige Methode um ein ganz reines Spektrum von einem gegebenen Prisma zu bekommen. Ich habe

nun ein modifizirtes und ein unmodifizirtes Spectrum vor mir. Ich kann jedes Stück des einen vergleichen mit jedem Stück des andern, oder kann es für sich untersuchen. Durch die Combination der von mir angewandten Absorbentia sind die Farben so vollständig verändert, daß ich Jeden, welcher die Veränderung nicht sähe, für blind halten würde. In dem *gestreiften* Spectrum, welches ich in meinem Aufsatz beschrieben habe, sind die Erscheinungen noch schöner und lehrreicher.

Es sind aber nicht allein die absorbirenden Substanzen, durch welche die Qualitäten der Farben des Spectrums verändert werden. In einer Reihe noch nicht veröffentlichter Versuche habe ich ähnliche Effecte mittelst Interferenz von Lichtbündeln erhalten, die durch vollkommen farblose Mittel gingen und prismatisch analysirt wurden.

Was ist nun das Resultat dieser ganzen Discussion? Sir John Herschel und ich haben gewisse Versuche minutios beschrieben, in welchen wir zu unserer eigenen und vieler Anderer Genugthuung bewiesen, daß absorbirende Mittel die Farben von Stücken des Spectrums verändern. Hr. Airy erinnert sich durch, wie ich glaube, schlechtere, wie er aber glaubt, bessere Methoden vor vierzehn Jahren gefunden zu haben, daß diese Farben nicht verändert werden! Der Master of Trinity deponirt diese letzteren Resultate als unzweifelhafte wissenschaftliche Thatsachen, und bemüht sich, dieselben auf die späteste Nachwelt zu bringen.

VIII. Ueber ein doppeltbrechendes Ocular-Mikrometer; von Hrn. Arago.

Rochon, Mitglied der älteren Academie der Wissenschaften, dachte zuerst an den Gebrauch der Doppelbrechung zur Bestimmung sehr kleiner Winkel. Er brachte im In-

nern eines Fernrohrs ein achromatisches Bergkristall-Prisma an. Mittelst einer geradlinigten Verschiebbarkeit vom Ocular bis zum Objectiv erlaubte dieses Prisma die Durchmesser aller Planeten und Sterne zu messen, die zwischen Null und dem Winkel lagen, welche von den beiden Strahlen, dem *ordentlichen* und dem *außerordentlichen*, bei ihrem Austritt aus dem achromatischen Prisma gebildet wurden.

Hr. Arago hat dieses Instrument lange Zeit gebraucht. Er bediente sich desselben zu mehr als dreitausend Bestimmungen von Planetendurchmessern. Indes zeigten sich dabei mehre Uebelstände. Der Achromatismus des Prismas konnte nicht zugleich für beide Bilder vollkommen seyn; bei sehr starken Vergrößerungen wurde dieser Fehler unerträglich; andererseits, wenn sich das Prisma, zur Bestimmung des Nullpunkts der Scale oder zur Messung sehr kleiner Winkel, der Ocularlinse sehr nahe befand, wurden die geringsten Unvollkommenheiten des Krystals oder der Politur der Flächen bedeutend vergrößert; endlich, um mit zwei Worten Alles zu sagen, war es verdriestlich in ein Fernrohr ein Stück einzufügen, welches dessen Güte unvermeidlich verringerte.

Hr. Arago half diesem Uebel schon vor einigen Jahren ab, indem er das doppelbrechende Prisma *außerhalb des Fernrohrs* anbrachte, zwischen dem Ocular und dem Auge, dort, wo man die Blendgläser zu Sonnenbeobachtungen anbringt. Die beiden Bilder werden alsdann dadurch in Berührung gesetzt, dass man, mittelst einer Veränderung im Abstande beider Linsen des zusammengesetzten Oculars, die Vergrößerung des Fernrohrs abändert.

Diese *Abstandsveränderung* ist nicht ohne Unbequemlichkeit. Man muss nach jeder Veränderung des Abstands der beiden Linsen wieder in den Brennpunkt einstellen; auch ist es nöthig, um den möglich besten Effect vom Doppel-Ocular zu haben, dass die beiden Linsen desselben sich in einem bestimmten Abstand befinden, da dies- und jenseits dieser Gränze die Bilder etwas von ihrer Schärfe verlieren; endlich ist dieser mikrometrische Proceſs unan-

wendbar, wenn man einfache und sehr stark vergrößernde Oculare gebrauchen will.

Bei der von Hrn. Arago zuletzt gewählten Einrichtung verschwinden alle diese Schwierigkeiten. Das Prisma befindet sich *drausen*, und die Fehler desselben werden niemals vergrößert. Die Vergrößerung ist unveränderlich; die kürzesten einfachen, die gegenwärtig zu sehr vernachlässigten biconcaven Oculare können angewandt werden. Prismen, etwas breiter als die Pupille, und eine continuirliche Reihe bildend, folgen auf einander, mit Unterschieden von 30 und selbst 15 Secunden, von der kleinsten Divergenz der ordentlichen und außerordentlichen Strahlen bis zur größten; sie sitzen zu Reihen gereiht in den Öffnungen von Kupferstücken in Fischbändern, und sind mit diesen verschiebbar längs einer Nuthe auf dem Stück, welches dazu dient, das ganze System am Ocularträger eines jeden Fernrohrs anzubringen. Der Astronom hat nur die Fischbänder vor seinen Augen vorübergehen zu lassen und zuzusehen, welches Prisma ihm von dem beobachteten Gegenstand zwei einander berührende Bilder giebt; dann dividirt er den Trennungswinkel dieses Prismas durch die Vergrößerung des Fernrohrs.

Zuweilen wird das eine Prisma die Bilder zu wenig, das folgende zu stark trennen. Man hat dann für den gesuchten Durchmesser zwei Gränzen, aus welchen man das Mittel nimmt.

Mit Prismen von 15" Unterschied und mit einer Vergrößerung von 200, weicht jede Messung von der, welche das vorhergehende Prisma liefern würde, nur 0",15 oder 0",07 ab, und die Unsicherheit des Mittels wird kaum bis 0",04 gehen, eine ganz zu vernachlässigende Größe.

Diese Form des doppeltbrechenden Ocular-Mikrometer war für die Academie neu, da Hr. Arago sie in derselben niemals vorgezeigt hatte; allein auf der Sternwarte hat man sie seit mehren Jahren gebraucht.

IX. Ueber Diffraction des Lichts im leeren Raume;
von Gustavus Magnus.

Seit Fresnel's bewunderungswürdigen Arbeiten, von denen Hr. Airy¹⁾, und wohl mit Recht, sagt, dass seit Newton's Gravitationsgesetzen nichts von gleicher Bedeutung in den Naturwissenschaften geleistet sey, kann wohl kein Zweifel mehr obwalten, dass die Verbreitung des Lichts eine undulatorische ist. Abgesehen von der Erklärung der Doppelbrechung und der geradlinigen Polarisation, so liefert die Circularpolarisation, namentlich die sogenannte conische Refraction, und die Erklärung welche Hr. Airy neuerlich von den Streifen gegeben hat, die bei theilweiser Interception des Sonnenspectrums entstehen, so schlagende Beweise für die Richtigkeit der Undulationstheorie, dass dieselbe als wohlbegündete Thatsache angesehen werden muss.

Dennoch ist nicht zu übersehen dass die Existenz eines Aethers sich nur deshalb als nothwendig ergeben hat, weil man die undulatorische Fortpflanzung des Lichts ohne einen solchen nicht zu erklären vermag, dass ferner die Annahme eines solchen Mediums das keine Schwere hat, wohl aber den Gesetzen der Trägheit folgt, den bisherigen Vorstellungen von Materie direct widerspricht, und dass, wenn man auch zugeben kann dass alle Körper von dem Aether durchdrungen werden, es doch schwer ist sich vorzustellen wie diese Durchdringung von der Art seyn könne, dass die Bewegung der Himmelskörper durch diesen Aether entweder kein Hinderniss erfahre oder wenigstens ein so geringes, dass der Einfluss desselben unmerklich ist.

Solche Schwierigkeiten in den Grundprincipien einer Theorie machen es wohl begreiflich, dass die Anhänger der Emissionshypothese, trotz der ungeheuren Vorzüge der Undulationstheorie, sich nur langsam zur Annahme derselben

1) *Mathematical Tracts by Biddell Airy, p. 346.*

entschlossen haben; und das noch jetzt der Aether von Vielen nur mit Widerstreben angenommen wird.

So hat noch vor Kurzem Hr. Faraday¹⁾ die Ansicht ausgesprochen, dass die Fortpflanzung des Lichts nicht durch einen Aether stattfinde, sondern in den von ihm sogenannten Kraftlinien und in einer gegenseitigen Einwirkung der ebenfalls von ihm angenommenen Atomen-Centra bestehe.

Hr. Airy hebt in Erwiederung dieser Ansicht hervor, dass die Erscheinungen der Diffraction sich nur durch eine wellenförmige, von einem Punkte ausgehende Bewegung erklären lassen. Man könnte, sagt derselbe, da die Diffraction in der Luft stattfindet, diese als das vibirende Medium annehmen. Indessen sucht er diese Annahme durch folgende Betrachtung zu widerlegen. So weit als wir die Verdunlung der Luft treiben können, bringe dieselbe immer noch eine Brechung hervor; die Brechung erfordere aber für ihre Erklärung unabweislich eine Veränderung in der Geschwindigkeit der Wellen, und zugleich eine Kraft, welche die Richtung genau entsprechend der Veränderung der Geschwindigkeit ändert. Diese Veränderungen seyen auf die einfachste und natürlichste Weise durch die Annahme von wirklichen Wellen erklärt. Deshalb, fährt Hr. Airy fort, betrachte er es als erwiesen, dass die Fortpflanzung wirklicher Wellen bis zu der äußersten Gränze unserer Luft stattfinde. Jenseits dieser Gränze könne man keine Versuche machen, auch sey er geneigt zuzugeben, dass wenn die Luft und der sie begleitende Aether (wenn beide überhaupt verschieden sind) an einer bestimmten Stelle aufhören, und man voraussetzt dass transversale Erschütterungen strahlenförmig durch das Weltall zu dieser Stelle fortgepflanzt werden, und man ferner voraussetzt, dass jede Erschütterung, wie sie sich darbietet, das Centrum einer Welle werde, das dann die Phänomene des Lichts erklärt wären. Aber es dränge sich uns dabei ein merkwürdiger

^{16 T} 1) *Phil. Mag., Ser. III, Vol. XXVIII,* p. 345. vgl. I. und II. Band.

2) Ebendaselbst, p. 532.

Umstand auf. An dieser Stelle müfste das Licht der Refraction unterworfen seyn, genau auf dieselbe Weise als wenn das ankommende Licht auch aus Wellen bestanden hätte. Nun sey es aber hinreichend festgestellt, dass an der Gränze unserer Luft keine wahrnehmbare Refraction stattfinde, man müsse also annehmen, dass jene radiale Fortpflanzung außerhalb der Luft das Licht mit gleicher Geschwindigkeit fortpflanze als es innerhalb derselben von wirklichen Wellen fortpflanzt werde. Eine solche Gleichheit der Geschwindigkeit für zwei so verschiedene Arten der Fortpflanzung könne man aber unmöglich annehmen, vielmehr müsse dieselbe Theorie gelten, sowohl für die Fortpflanzung des Lichts durch den Weltraum, wie durch die Luft, in der die Versuche der Diffraction angestellt sind, und diese Theorie müfste die von wirklichen Wellen seyn.

Diese Art des Beweises, dass die Diffractionserscheinungen nicht durch Schwingungen der Lufttheilchen selbst hervorgebracht werden, veranlaſt mich einen Versuch hier mitzutheilen, der für diese Art der Betrachtungen vielleicht nicht ohne Interesse ist, indem er zugleich Gelegenheit bietet noch andere Schwierigkeiten anzudeuten die entstehen, wenn man annimmt dass das Licht sich verbreitet ohne dass ein Aether vorhanden ist.

Schon früher hat Flaugergues¹⁾ Versuche über Diffraction im leeren Raume angestellt. Er kittete auf den Boden einer gläsernen Flasche, die plane und parallele Wände hatte, eine viereckige messingene Platte, und befestigte in den Hals derselben eine etwa 30 Zoll lange Röhre. Diesen Apparat setzte er der Sonne aus, und beobachtete den Schatten der Platte in verschiedenen Entfernungen. Darauf füllte er die Flasche und ihre Röhre mit Quecksilber, suchte alle Luft fortzuschaffen, und drehte alsdann den Apparat um, indem er das offene Ende der Röhre mit dem Finger verschloß und unter Quecksilber brachte. Beobachtete er dann wiederum den Schatten von der in der Torricellischen Leere befindlichen Messingplatte, so zeigten sich

1) *Journal de phys. par Delamétherie, 1812, Tom. LXXV, p. 16.*

dieselben Erscheinungen als früher, wo die Flasche mit Luft gefüllt war.

Abgesehen davon, dass bei diesem Versuche die Torricellische Leere wohl nicht ganz luftfrei gewesen seyn möchte, so schienen dieselben auch in so fern nicht genügend, als dabei die Interferenzerscheinungen gar nicht im luftleeren Raume, sondern in der hinter der angewandten Flasche befindlichen Luft stattfanden, und die Messungen des Schattens keineswegs genau genug waren, um zu entscheiden, ob die Fortpflanzung des Lichts durch die Flasche eine wellenförmige gewesen oder nicht.

Wir besitzen leider kein Mittel um einen vollkommen leeren Raum hervorzu bringen; denn wiewohl die Torricelli'sche Leere luft leer ist, so enthält sie immer noch Dämpfe von Quecksilber. Wenn diese bei der Temperatur von etwa 15° C., bei welcher die folgenden Versuche ange stellt wurden, auch nur sehr unbedeutend sind, so sind sie doch offenbar vorhanden, und man könnte deshalb wohl behaupten, dass diese Dämpfe, statt der Luft, das Licht durch ihre Vibrationen fortpflanzen. Diesem Einwande könnte man nur durch Anwendung eines vollkommen leeren Raumes begegnen. In Ermanglung eines solchen musste ich mich mit der Torricelli'schen Leere begnügen. Da es nothwendig war die Diffractionserscheinungen im leeren Raume selbst zu beobachten, da die dunkeln und hellen Streifen sich noch in demselben bilden und einige Breite erlangen sollten, so musste dieser von ziemlicher Ausdehnung angewendet werden, was die Ausführung dieser Versuche erschwerte.

Eisen in Verbindung mit Glas für dieselben zu benutzen, war unthunlich, weil das Gefäß einer hohen Temperatur ausgesetzt werden musste, wobei das in Eisen luftdicht eingesetzte Glas leicht springt. Außerdem sind bei dergleichen Verbindungen von Glas und Metall, Fugen unvermeidlich, und die Luft aus denselben fortzuschaffen kaum möglich. Es wurde deshalb ein Gefäß aus Glas angewendet, in der Gestalt von *a b c*, Fig. 10, Taf. II. Der zur

Hervorbringung der Streifen bestimmte Theil *b c* war 11 Zoll lang, und bei *b* und *c* fast 2 Zoll weit.

Wäre die Röhre *a b* mehr als 28 Zoll lang gewesen, so hätte sich dieser Apparat nicht ohne grosse Schwierigkeiten handhaben lassen, sie wurde deshalb nur von 12 Zoll Länge gewählt.

Da es jedenfalls sehr schwierig und fast unmöglich war das Quecksilber in diesem Apparat auszukochen, so wurde auf folgende Weise verfahren. Zunächst wurde etwas Sal-petersäure in das Gefäß gebracht, und während einiger Zeit in demselben im Kochen erhalten, darauf wurde diese ausgegossen, das Gefäß wiederholt mit Wasser, sodann mit absolutem Alkohol und zuletzt mit frisch rectificirtem Aether ausgespült, danach mit einer Luftpumpe in Verbindung gebracht und durch wiederholtes Auspumpen und Einlassen der Luft vollständig getrocknet.

Hierauf wurde das Gefäß sehr stark erhitzt, und mit Quecksilber, das gleichfalls bis zum Kochen erwärmt war, gefüllt. Da das Quecksilber während der Abkühlung sich zusammenzog, so wurde durch Nachfüllen von warmem Quecksilber die Röhre beständig voll erhalten, dann wurde dieselbe mit ihrem offenen Ende *a* (versteht sich ohne daß Luft eindringen konnte) in ein kleines mit Quecksilber gefülltes Gefäß gebracht, und mittelst desselben durch den Tübulus einer auf dem Teller der Luftpumpe befindlichen Glocke in ein grösseres, zum Theil mit Quecksilber gefülltes Gefäß, das unter dieser Glocke stand, eingeführt. Der zur Hervorbringung der Streifen bestimmte Theil blieb dabei außerhalb der Glocke. Dann wurde der Tübulus mit einer in der Mitte getheilten hölzernen Platte bedeckt, und mit Kautschuck, welcher an dem Tübulus der Glocke und an der Röhre *a b* fest angebunden war, luftdicht verschlossen. Wenn nun die Luft unter der Glocke verdünnt wurde, so sank das Quecksilber in dem Apparat *a b c*. Ließ man darauf die Luft wieder unter die Glocke treten, so füllte sich derselbe wiederum mit Quecksilber, und es zeigte sich, wenn die vorhin erwähnten Vorsichts-

mafsregeln bei der ersten Füllung angewendet waren, auch nicht ein Bläschen von Luft oder Dampf, ein Beweis, das das Auskochen des Quecksilbers nicht unumgänglich nöthig ist¹⁾).

Um sicher zu seyn, dass die Diffractionserscheinungen auch wirklich in dem leeren Raume statthaben, durfte das Diaphragma, durch welches sie sich bilden sollten, nicht außerhalb desselben angebracht werden. Denn es wäre denkbar gewesen, dass die Streifen in der vorderen Glaswand oder in der Luft zwischen dieser Wand und dem Diaphragma sich bildeten, und dass die jenseit des leeren Raumes beobachteten Streifen nur die Schatten von jenen wären, und also erzeugt wären, ohne dass eine Interferenz in dem leeren Raume selbst stattgefunden hätte. Es war deshalb nöthig dasselbe innerhalb des leeren Raumes anzubringen.

Aber auch dies genügte noch nicht. Die Betrachtung, aus welcher Fresnel die dunkeln und hellen Streifen bei der Diffraction herleitet, indem er sämmtliche Punkte von der bis zum Schirme oder Diaphragma gelangenden Welle als neue Wellencentra ansieht, bleibt unverändert gültig, wenn statt dieser die Punkte von irgend einer zwischen dem leuchtenden Punkte und dem Diaphragma befindlichen Welle als neue Wellencentra betrachtet werden. So lange daher der leuchtende Punkt außerhalb des leeren Raumes lag, konnte man immer noch einwenden, dass das Licht sich nur bis zur Gränze dieses Raumes undulatorisch fortpflanze, dann aber durch denselben hindurch gehe, ohne dass ein Aether vorhanden sey; denn es müfsten, wenn es sich so verhielte, die dunkeln und hellen Streifen sich jenseits des leeren Raumes gleichfalls zeigen.

Es war deshalb nöthig den leuchtenden Punkt mit in den leeren Raum zu verlegen. Dies wurde auf die Weise erreicht, dass zwei ganz schmale Diaphragmen in einer Entfernung von 4 Lipien hinter einander angebracht wurden,

¹⁾ Ich glaube sogar, dass diese Methode der Füllung dem üblichen Auskochen in vielen Fällen vorzuziehen seyn möchte.

das Erste bildete gleichsam eine leuchtende Linie, welche ihr Licht auf das Zweite sandte.

Um die Diaphragmen in den leeren Raum einführen zu können, waren sie beide an einem dünnen eisernen Stabe befestigt. Sobald der Apparat *a b c* mit heißem Quecksilber gefüllt war, wurde auch dieser Streifen mit den daran befindlichen Diaphragmen sehr stark erhitzt und dann durch die Röhre *a b* eingeführt. Dabei legte sich das Quecksilber in die ganz feinen Spalten, und es gelang alle Luft zu verdrängen.

Wurde der Versuch mit aller Vorsicht ausgeführt, so zeigten sich doch in dem leeren Raume, sowohl bei einfarbigem als auch bei weissem Lichte, die Streifen, und zwar mit derselben Schärfe und Intensität wie in dem mit Luft erfüllten Raume. Und was noch mehr ist, wenn man dieselben mittelst einer Loupe betrachtete, und diese dicht an dem Glase, wodurch der leere Raum begränzt war, hielt, so sah man die Streifen ganz deutlich in dem Brennpunkte derselben, der offenbar innerhalb des leeren Raumes lag.

Es geht hieraus hervor, dass die Fortpflanzung des Lichts in der Luft nicht auf Schwingungen von Theilchen der Luft selbst beruhe, denn der Einwand, dass die Quecksilberdämpfe die Stelle der schwingenden Lufttheilchen vertreten, möchte wohl schwerlich als haltbar betrachtet werden können.

Allein man thäte Unrecht, diesem Versuche eine gröfsere Bedeutung beizulegen als er in der That hat, und etwa aus dem Umstände, dass die Streifen in dem noch innerhalb des leeren Raumes liegenden Brennpunkte der Loupe sich zeigen, zu folgern, dass dort etwas Materielles vorhanden sey, durch dessen Schwingungen sie entstanden. Es verhält sich mit diesen Streifen gerade eben so wie mit jedem andern Bilde das wir in dem Brennpunkte einer Loupe erblicken. Denkt man sich z. B., wie dies bei den Diffractionserscheinungen der Fall ist, zwei leuchtende Punkte, welche ihr Licht auf eine Loupe senden, und deren Entfernung bis zu dem ihnen zugewandten Brennpunkte der Loupe gerade um eine halbe Undulation von einander verschieden sind,

so ist der Weg von diesem Brennpunkte bis zur Retina des hinter der Loupe befindlichen Auges für die von beiden leuchtenden Punkten kommenden Lichtbündel derselbe. Denn dieselben sind fast parallel, und durchwandern daher dieselbe Stelle der Loupe. Deshalb entsteht die Wirkung, welche der Gangunterschied in dem Brennpunkte der Loupe hervorbringt, auch eben so auf der Retina des Auges, und wir versetzen diese letztere Wirkung in jenen Brennpunkt.

Das Erscheinen der Streifen innerhalb des leeren Raumes würde daher immer noch mit einer Hypothese verträglich seyn, nach welcher die Fortpflanzung des Lichts durch den leeren Raum stattfindet, ohne dass derselbe mit einem Aether erfüllt ist; indem man z. B. voraussetzt, dass die Bewegungen der Theile des leuchtenden Körpers entsprechende Bewegungen der Theile des beleuchteten, ohne ein zwischen befindliches Medium hervorrufen. Allein in anderer Beziehung ist dieser Versuch wohl geeignet das Unhaltbare einer solchen Hypothese zu zeigen. Denn wollte man mittelst einer solchen die Fortpflanzung des Lichtes erklären, so würde man jedenfalls annehmen müssen, dass eine Zeit für die Erregung der Bewegung in der Entfernung nothwendig sey, und dass dieselbe verschieden sey nach der Entfernung des leuchtenden von dem beleuchteten Körper. Eine Annahme, welche den Gesetzen der allgemeinen Anziehung oder Gravitation keineswegs analog ist, von welcher La Place ¹⁾ gezeigt hat, dass sie keiner Zeit für ihre Fortpflanzung bedarf.

Machte man dennoch solche Annahme, so liefsen sich wohl die Gesetze der Reflexion und Refraction aus derselben herleiten, und eben so die Erscheinungen des polarisierten Lichts und der Interferenz erklären, und die letzteren sogar, wie so eben gezeigt worden, selbst in dem Falle wo wir sie im leeren Raume erblicken. Anders verhält es sich aber mit der Ausbreitung des Lichts, welche bei der Diffraction stattfindet, wenn, wie es bei dem obigen Versuche der Fall war, sowohl der leuchtende Punkt als das

1) *Mécanique céleste, Livre X, Chap. VII, p. 350.*

Diaphragma sich in dem leeren Raume befinden. Diese Ausbreitung des Lichtes hinter dem Diaphragma erklärt Fresnel mit Hülfe des sogenannten Huyghens'schen Princips, nach welchem jeder Punkt der bis zum Schirm gelangenden Welle selbst wieder ein neues Wellenzentrum bildet. Diese Erklärung ist aber nicht mehr möglich wenn kein Aether vorhanden ist. Man würde, um dennoch die Streifen zu erklären, genöthigt seyn anzunehmen, das die Wirkung, welche ein schwingendes Theilchen des leuchtenden Körpers auf ein Theilchen des beleuchteten ausübt, nicht allein auf dem kürzesten Wege, in gerader Linie, sondern auch auf jedem andern Wege hervorgebracht wird, so das wenn diese Wirkung durch das Dazwischenliegen eines un durchsichtigen Körpers gehindert wird, dieselbe um diesen Körper herum stattfindet; versteht sich mit einer um so geringeren Intensität, je schiefer die Richtung ist, in der sie ausgeübt wird, und nach einer um so gröfsen Zeit, je gröfsier der Weg ist, durch den sie dorthin gelangt.

Es möchte in der That möglich seyn, mit diesen Annahmen den Aether für die Erklärung der Fortpflanzung des Lichts zu entbehren, da dieselben im wesentlichen mit dem übereinstimmen was der Aether zu versündlichen bestimmt ist. Allein man sieht auch zu gleicher Zeit, das solche Annahmen jedenfalls viel gröfsere Schwierigkeiten in sich schliefsen als die eines Aethers.

X. Ueber die Theorie des Thaus. Schreiben an Hrn. Arago von Hrn. M. Melloni.

(*Compt. rend., T. XXIV, p. 531.*)

Neapel, 17. März 1847.

Die in neuerer Zeit auf die Wells'sche Theorie gerichteten heftigen Angriffe haben mich veranlaßt, das Studium des Thaus vorzunehmen. Nach einer sehr langen Reihe

oft

oft unterbrochener und wieder aufgenommener Beobachtungen und Versuche glaube ich zu einer sehr netten Lösung aller der auf dieses interessante Phänomen sich beziehenden Fragen gelangt zu seyn. Die Abhandlung, in welcher sie entwickelt ist, habe ich kürzlich in drei aufeinanderfolgenden Sitzungen unserer Academie gelesen. Ich will Ihnen davon einen Auszug geben, mit der Bitte ihn dem Institut mitzutheilen. Sie werden sehen, dass es *Etwas zu thun gab*; die Beobachter, welche das Wells'sche Prinzip mit solcher Erbitterung anfielen, waren von einem so blind feindseligen Geiste besetzt, dass sie, weit entfernt das Mangelnde zu ergänzen, Alles niederrreisen, Alles vernichten wollten, um, wer sollte es glauben, das alte Phantom vom Aufsteigen des Thaus wieder zu erwecken.

Nach den Versuchen von Wells hätte man, glaube ich, wohl mit voller Sicherheit annehmen können, dass der Thau nicht von der Erde aufsteigt, auch nicht vom Himmel fällt, sondern dass er entsteht aus dem elastischen, unsichtbaren Dampf, welcher in dem die Körper umgebenden Raum verbreitet ist; so haben wir alles begriffen, wenn wir, mit dem genannten Physiker, die Fällung des Wasserdampfs der Kälte zuschreiben, die aus der Wärmestrahlung der Körper gegen den heiteren Himmel entspringt. Nach dieser Ansicht bekleiden sich Laub, Holz, Glas, Firniß, Kienrufs u. s. w. mit Thau, weil sie unter dem Himmel die Wärme leicht entweichen lassen, und sich dabei bedeutend erkälten; Metalle dagegen bleiben trocken, weil sie ihre Wärme nur schwierig gegen die oberen Schichten der Atmosphäre entsenden. Und wirklich beobachtet man eine große Verschiedenheit in den Angaben eines thermoskopischen Apparats, wenn er folgweise einem mit siedendem Wasser gefüllten Gefäß von blankem Metall, und einem durchaus ähnlichen, dessen Wände aber gefirnißt oder beruft sind, ausgesetzt wird. Im letzteren Fall ist die Wirkung weit kräftiger als im ersteren. Die Deduction ist richtig, aber man muss bekennen, dass sie in den Augen der Welt wohl nicht nothwendig, unvermeidlich er-

scheinen mag. In der That, Benedict Prevost und vor ihm Saussure schreiben dem Mangel von Thau auf den Metallen einer elektrischen Kraft zu; Leslie erklärt das Phänomen durch eine eigenthümliche Abstossung, welche die Metallflächen auf den Wasserdampf ausüben sollen; und die Anhänger der wieder heraufbeschworenen Hebungstheorie erklären sie durch Wärme und Elektricität, entwickelt vermöge chemischer Einwirkung der Metalle auf die Dampftheilchen im Moment ihres Uebergangs in den flüssigen Zustand.

Um zu zeigen, dass alle diese Hypothesen unhaltbar sind, nehme ich zuvörderst drei Thermometer mit Theilung auf den Stielen; auf jeden Stiel schiebe ich einen Korkstöpsel, so dass er 5 bis 6 Millimeter vom Behälter entfernt festsitzt. Dieser Kork dient als Stütze für die beiden Theile einer Metallhülle, mit welcher ich die zu den nächtlichen Beobachtungen bestimmten Thermometer umgebe. Der erste Theil besteht aus einem kleinen Gefäß von sehr dünnem Silber oder Kupfer, ähnlich einem Fingerhut, mit glatter und polirter Oberfläche und von solcher Grösse, dass er den Behälter des Thermometers aufnehmen kann; der zweite besteht aus einem Cylinder von Weißblech, offen an dem einen, geschlossen an dem anderen Ende, und als Hülle für den graduirten Stiel dienend. Die beiden Metallstücke lassen sich mit grösster Leichtigkeit abnehmen und aufsetzen, und bleiben wegen der Reibung und Elasticität des Korks leicht an ihrem Orte sitzen.

Nun denke man sich drei weite Büchsen (*récipients*) von Weißblech, jede mit einer Seitenöffnung, durch welche man, dicht am Boden, die armirten Behälter der drei Thermometer hineinstecken kann, so dass die Stiele mit ihren Hüllen horizontal liegen und drausen bleiben. Denke man sich diese Büchsen getragen von dünnen Metallröhren, versehen mit Deckeln von denselben Material und mit ihrem Inhalt in einer windstillen und heiteren Nacht der freien Luft ausgesetzt, dabei annehmend, die eine der Metallhüllen sey berust, die beiden anderen im natürlichen Zustande,

und die Büchsen bald geöffnet, bald verschlossen: so hat man eine Idee von den Versuchen, deren ich mich zum Vergleich der nächtlichen Ausstrahlung des Silbers mit der des Kienrufses bedient habe.

Gesetzt zuvörderst, die Büchsen seyen verschlossen: dann zeigen unsere Thermometer eine gleiche Temperatur. Halten wir eine der mit metallischen Thermometern versehenen Büchsen verschlossen und öffnen die beiden anderen. Es bedarf sehr empfindlicher Instrumente und sehr genauer Vergleiche, um das äußerst geringe Fallen desjenigen metallischen Thermometers zu beobachten und zu messen, welches man dem Himmel ausgesetzt hat; allein das geschwärzte Thermometer fällt zusehends, und nach einigen Minuten zeigt es 3 bis 4 Grad weniger als das Thermometer im verschlossenen Gefäß: offensichtlicher Beweis, dass dieser Unterschied von der Wärmestrahlung der geschwärzten Hülle gegen den Himmel herrührt, und keineswegs von der Berührung mit der äusseren Luft, die bei dieser und bei der polirten Metallhülle des anderen entblößten Thermometers in gleichem Maafse stattfindet.

Meine Abhandlung enthält das Detail von allen Vorsichtsmafsregeln, die man treffen muß, um die aus der Strahlung des Kienrufses und des Silbers entspringenden Kältegrade vergleichend zu erhalten. Die definitiven Resultate haben in auffallender Weise die neuerlich der Academie von den HH. Provostaye und Desains angekündigte Thatsache bestätigt, nämlich, dass das Ausstrahlungsvermögen der Metalle weit geringer ist, als man es nach den Versuchen von Leslie, von Dulong und Petit bisher geglaubt hat ').

1) Die Strahlung des Kienrufses = 100 gesetzt, würde die des gewalzten Silbers, nach meinen Versuchen, = 3,026 seyn. Die HH. Provostaye und Desains finden für das chemisch auf Kupfer niedergeschlagene Silber = 5,37, und, wenn dasselbe mit dem Polirstahl polirt worden, = 2,10; nach ihnen ist das Strahlungsvermögen des eben aus dem Walzwerk gekommenen Silbers = 2,94, und des gewalzten und brunirten Silbers = 2,38.

Versuche i. Jahre 1838 hatten mich zu der Folgerung geführt, dass

und Aehnliche thermoskopische Apparate, deren Hullen bekleidet waren mit Firniß, Graphit, Hauseublase, Sägespänen, Sand, Erde und Pflanzenblättern gaben beständig eine sehr merkliche Temperatursenkung, bevor sie sich mit Thau be-

deckten. Der Unterschied der strahlenden Kraft bei dem berühmten Versuch von Leslie mit einem Würfel, der auf der einen Seite glatt und polirt, auf der andern mehr oder weniger rauh gefurcht ist, nicht, wie man damals allgemein glaubte, von einer Veränderung im mechanischen Zustand bei der Oberflächen herrührt, sondern von einer Veränderung in der Dictheit, erzeugt bei der Operation, durch welche man die glatte Fläche in eine rauhe verwandelt. Dieser Satz schien mir damals durch folgende drei Thatsachen erwiesen: 1) der Einfluß der Furchen auf die Abänderung des Strahlungsvermögens zeigt sich nur bei den Metallen; dagegen strahlen Marmor, Gagat und Elsenbein, gefurcht oder polirt, immer mit derselben Stärke aus; 2) geschmolzenes und in einer Sandform langsam erkaltetes Silber, mit Oel polirt und mit Kohle nachgeschliffen, dann mit dem Diamant gefurcht, so daß der Grund der Furchen comprimirt und condensirt wird, nimmt an strahlender Kraft nicht zu, sondern ab, wenn es aus dem polirten Zustand in den rauhen übergeht; 3) dieselbe Art von geschmolzenem und polirtem Silber wird durch Aushämmern oder Auswalzen viel strahlender. (Ann., Bd. 53, S. 268.)

Aus den Versuchen der eben erwähnten geschickten Physiker ist nun leicht zu ersehen, daß sie ganz analoge Resultate liefern, und folglich dasselbe beweisen. Denn da das chemisch auf Kupfer gefäßte Silber viel weniger dicht ist als das gewalzte, und dieses wiederum weniger dicht als das brunierte Silber, so steht diese Eigenschaft, zufolge der vorhergehenden Zahlen, in umgekehrtem Verhältniß der entsprechenden Ausstrahlungskräfte.

Der einzige Unterschied zwischen den beiden Beweisen des Princips besteht darin, daß meine Messungen sich auf das stärkste Strahlungsvermögen, das des Silbers beziehen, während die der HH. Provostaye und Desains von dem Strahlungsvermögen des Silbers und anderer Metalle in Bezug auf das des Kienrusses gelten.

Diesem unbeweckten Unterschied oder sonst einer unrichtigen Angabe muß man den historischen Fehler zuschreiben, der sich in der von diesen Herren der Academie übergebenen Note eingeschlichen hat. Nach ihnen würde das bisher angenommene Verhältniß zwischen dem Strahlungsvermögen der Metalle und des Kienrusses nicht allein aus den Versuchen von Leslie hervorgehen, sondern aus denen von mir und von Dulong und Petit. Es ist wahr, Dulong und Petit haben Zahlen gefunden, die wenig von dem Verhältniß abweichen, das Leslie den Strahlungsvermögen der Metalle und des Kienrusses beilegt; was aber mich betrifft, so habe ich mich keineswegs mit derartigen Versuchen beschäftigt. Die einzigen Fragen über die Wärmestrahlung, an ihrem

näfsten. Der Zwischenraum betrug zuweilen mehre Stunden; oft fand auch eine Temperaturerniedrigung statt, ohne das sich zu irgend einer Zeit der Nacht Thau niederschlug. Dieses letztere geschah desto häufiger, je mehr die Thermometer im gröfseren Abstand vom Boden angebracht waren. Dadurch, das man in einer gewissen Höhe operirte, konnte man die Ablagerung des Thaus auf die Körper nach Belieben unterdrücken oder verzögern, und somit vollständig darthun, das sie der Kälte-Erzeugung immer folgt und ihr niemals vorhergeht. Was die polirten Metallhüllen meiner Thermometer betrifft, so habe ich sie, selbst in sehr feuchten Nächten, wenn nur in der Atmosphäre selber keine Spur von Nebel war, niemals mit condensirtem Wasserdampf bekleidet gefunden.

Der eigentliche Thau erfordert daher immer eine gewisse Erkaltung des Körpers, den er benässen soll, und die Metalle bethauen unter dem heiteren Himmel nicht, weil sie sich nur um eine ungemein geringe Gröfse erkalten. Könnte es nicht aber noch andere Kräfte geben, welche die Erkältung oder Anhäufung des Thaus auf die Metalle verhinderten? Mit andern Worten: ist bei den Metallen die schwache Strahlung wirklich die einzige und wahrhafte Ursache, vermöge welcher dieselben niemals bethauen?

Hier einen Versuch, welcher mir die Aufgabe entschieden zu lösen scheint, und zugleich den Irrthum der Hypothesen vom Aufsteigen und Niederfallen des Thaus, so wie die Richtigkeit des Wells'schen Princips darbietet.

Ursprung betrachtet, die mir durch den Versuch etwas wenig aufgehellt zu seyn schienen, um einen Augenblick die Aufmerksamkeit der Physiker zu fesseln, waren: die eben erwähnte Wirkung der Rauheiten in der Oberfläche des heißen Körpers und die Wirkung der Farbe, beide negativ aufgelöst; ferner der Einfluss, den die Dicke der oberflächlichen Schicht, von der die inneren Strahlungen ausgehen, auf die Intensität der Strahlung ausübt, ein Einfluss, der mir hinreichend schien, um den ungeheuren Unterschied zwischen dem Strahlungsvermögen der Metalle und dem anderer Körper zu erklären. Anlangend den Werth dieser beiden Vermögen und das Zahlenverhältnis derselben, so kann sich Jeder überzeugen, das davon niemals in meiner Abhandlung die Rede gewesen ist.

Auf einer Scheibe von Weißblech aus einem einzigen Stück, so groß und so dünn wie möglich, ziehe ich einen concentrischen Kreis, dessen Radius gleich ist einem Drittel des der Scheibe, und überziehe ihn mit einer dicken Firnissschicht. Aus einer anderen Weißblechtafel schneide ich eine zweite Scheibe, 10 Millimeter kleiner als der befirnißte Kreis, und nachdem ich in ihrer Mitte, senkrecht auf ihrer Fläche, das Ende eines 2 Millimeter dicken und 2 bis 3 Decimeter langen Eisendrahts festgelöthet habe, bohre ich in die Mitte der großen Scheibe ein Loch, und stecke auf Seite der befirnißten Fläche, den am Ende zugespitzten Eisendraht hinein. Er wird so weit hineingeschoben, daß der Abstand der kleinen Scheibe von der großen etwa 5 Millimeter beträgt, und in dieser Stellung mittelst einiger Tropfen Schnellloth befestigt.

Die beiden somit zu einem System vereinigten Scheiben werden des Abends auf ein Feld gebracht, und daselbst in horizontaler Lage, außer Berührung mit anderen Körpern, einige Augenblicke liegen gelassen. Ist die Nacht windstill und heiter, so sieht man auf der Fläche der größeren Scheibe leicht vorauszusagende Thauphänomene entstehen.

In der That braucht man sich nur zu erinnern, daß in der Lage, welche wir für die beiden Scheiben voraussetzen, die kleinere sich oben befindet, und da sie im Radius 5 Millimeter kleiner ist als der befirnißte Kreis der unteren großen Scheibe, so folgt, daß von diesem Kreise eine ringförmige Zone von 5 Millimeter Breite rund um die Vertikalprojection des über ihr von der kleinen Scheibe gebildeten Dachs hervorragt. Nun ist klar, daß diese Zone gegen den Himmel ausstrahlen, ihre Temperatur erniedrigen, sich mit Thau bekleiden, und allmäßlig die Kälte und den Thau sowohl nach der Mitte als nach dem Umfang hin fortpflanzen wird. In letzterer Richtung geht die Fortpflanzung viel weiter, denn die durch Mittheilung erkalteten Punkte erkalten sich durch Strahlung, sobald sie mit Thau bekleidet sind, während die unter der kleinen Scheibe befindlichen gefirnißten Punkte sich kaum anders als durch Con-

tact erkalten können. Wirklich bleibt der centrale Theil des gefirniſten Kreises immer trocken, und die metallene Zone, welche ihn umgiebt, bethaut bis zum Rande, wenn die Atmosphäre sehr feucht ist.

Was man aber nicht auf dem ersten Blick voraussagen würde, ist, daß sich genau dieselben Erscheinungen auch auf der dem Boden zugewandten Seite der großen Scheibe einstellen. Auf dieser Seite zeigt sich der Thau zuerst an den Punkten, welche der kleinen ringförmigen gefirniſten Zone der oberen Seite gegenüberliegen, und man gewahrt daselbst einen schwach weißlichen Kreis, welcher, da er auf dem dunklen Felde des polirten Metalls auf einmal erscheint, an die Bildung der Daguerre'schen Bilder erinnert. Dieser Kreis wird darauf stärker und etwas ausgedehnter, und er geht bisweilen bis zu dem Rande, niemals aber zum centralen Theil, welcher immer seine Trockenheit und seinen Metallglanz behält, wie der entsprechende Theil der anderen Seite der Scheibe und das kleine kreisrunde Dach, welches ihn bedeckt, ohne ihn zu berühren.

Dieser so einfache, so wohlfeile und selbst von Denen, die niemals ein physikalisches Instrument handhabten, so leicht zu wiederholende Versuch ist gleichsam ein sprechender Inbegriff aller Discussionen über den Ursprung und die Natur des nächtlichen Phänomens, welches uns beschäftigt. Fällt der Thau vom Himmel? — Nein, weil die obere Schicht immer trocken bleibt, und der größere Theil der unteren Scheibe bethaut. Steigt er vom Boden auf? Eben so wenig, — denn wenn auch der mittlere Theil der dem Boden zugekehrten Seite der großen Scheibe bethaut ist, giebt es nahe am Centrum immer einen trocknen und glänzenden Raum. Wirken die Metalle abstosend auf den Wasserdampf, welcher den Thau constituirt, oder verursachen sie eine Verdampfung desselben, in dem Maafse als er sich auf ihre Oberfläche niederschlägt? — Weder das eine noch das andere, weil wir einige Theile des Metalls stark bethaut, und andere vollkommen trocken sehen.

Das erste Erscheinen des Thaus auf der gefirniſten Zone

und seine allmäliche Fortpflanzung zu den benachbarten und gegenüberliegenden Theilen der grossen Scheibe, verbunden mit der Temperatursenkung, welche sich auf den gefirniesten Hüllen der der freien Luft ausgesetzten Thermometer einstellt, beweist endlich, dass der Thau eine reine Folge der nächtlichen Ausstrahlung ist, und dass letztere den Körpern von grossem Ausstrahlungsvermögen den Kältegrad ertheilt, der zur Verdichtung des in der Atmosphäre enthaltenen unsichtbaren Wasserdampfs nothwendig ist.

Alle Thatsachen also stehen im vollen Einklang mit der in den Lehrbüchern der Physik und Meteorologie vorgebrachten Thautheorie. In einem zweiten Briefe werde ich Thatsachen auseinandersetzen, die nicht durch diese Theorie zu erklären sind, die sich aber dennoch durch Betrachtungen, welche ich mich beeihren werde dem Urtheile der Academie vorzulegen, sehr glücklich auf das Wells'sche Princip zurückführen lassen.

XI. Ueber die Theorie des Thaus. Zweiter Brief an Hrn. Arago con Hrn. Melloni.

(*Compt. rend., T. XXIV, p. 641.*)

Neapel, 18. März 1847.

In diesem zweiten Briefe will ich den am Schlusse meines ersten angekündigten Satz entwickeln, nämlich, dass das Wells'sche Princip über den Ursprung des Thaus als außer allem Zweifel betrachtet werden kann, und es dennoch unmöglich ist, alle bei heiterer und windstiller Nacht auftretenden thermometrischen und hygrometrischen Erscheinungen zu erklären, so lange man nicht wenigstens einen neuen Umstand in Betracht zieht, der trotz seiner ausnehmenden Wichtigkeit für die nächtliche Erkaltung der Körper, bisher gänzlich vernachlässigt worden ist. Zuvor erlauben Sie mir jedoch einige Bemerkungen über zwei Rei-

hen von Versuchen, welche die Anhänger des Aufsteigens des Thaus vorgebracht haben mit der Behauptung, dafs sie allein hinreichend seyen, jede auf die Wärmestrahlung begründete Theorie dieses Meteores umzustossen.

Man hat eine gewisse Zahl an Größe und Empfindlichkeit möglichst gleicher Thermometer genommen, einige derselben berufst, gefirnißt, betuscht, andere vergoldet, versilbert, verzinnt, verkupfert oder mit Pflanzenblättern bekleidet. Die so zubereiteten Instrumente, auf freiem Felde einer heiteren und windstillen Nacht ausgesetzt, zeigten anfangs etwas verschiedene Temperaturen, die aber nach einiger Zeit alle fast vollkommen übereinstimmten. Der Versuch wurde auf andere Weise abgeändert. Auf dem Ende von Glascylindern, die in den Boden gesteckt waren, befestigte man Platten von Zink, Kupfer, Glas. Jede Platte hatte in der Mitte eine Vertiefung, in welcher der Behälter eines Thermometers tauchte, dessen Röhre, gehalten von einem Eisendraht, senkrecht von der oberen Fläche emporstieg. Ein frei zwischen den Platten aufgehängtes Thermometer diente zur Messung der Lufttemperatur. Hier, wie zuvor, zeigten die beim Eintritt der Nacht zum Versuch genommenen Apparate Wärmeunterschiede, welche später verschwanden, so dafs bei erster Dämmerung des folgenden Tages alle Thermometer auf nahe gleicher Höhe gefunden wurden.

Diese Thatsachen schien den Gegnern des Wells'schen Princips vollkommen entscheidend, und sie behaupteten: »die angeblich zur Thaubildung unumgängliche nächtliche Erkaltung der Körper sey eine reine Chimäre!« Was mich betrifft, so muß ich sagen, dafs wenn man darin etwas Eingebildetes und Phantastisches sehen will, man es in dem Raisonnement suchen muß, welches zu solchen Deductionen führte; denn die Versuche dieser Herren wurden nahe am Boden und in einer feuchten Luft angestellt; alle Röhren der Thermometer waren unbekleidet, und beim letzten Versuch standen die Behälter derselben mittelst der Platten in Gemeinschaft mit den Cylindern, die als Stützen für

die Apparate dienten. Nun strahlte das Glas dieser Röhren und Cylinder bedeutend aus, seine Temperatur sank und die erlangte Kälte theilte sich den es berührenden Körpern mit; diese, in einer sehr feuchten Luft befindlich, fällten dann Wasserdampf, denn wir wissen, dass Wasser eben so stark ausstrahlt und sich erkaltet als Glas, Firnis und Kienruss. Es liegt also nichts Erstaunliches darin, dass die mit den Metallplatten in Berührung stehenden Thermometer nach einiger Zeit dieselbe Temperatur zeigten als die Thermometer, welche von höchst ausstrahlenden Substanzen umgeben waren. Daraus, dass die Metallflächen, welche man beobachtet fand, eben so kalt waren wie die Glas- und Kienrussflächen, folgte wohl, dass Wasser, Glas und Kienruss Körper von nahe gleichem Ausstrahlungsvermögen sind, aber man konnte nicht logisch aus diesem Versuche schließen, dass die Metalle sich in heiteren und windstilen Nächten eben so stark erkalten als Kienruss und Glas.

Um den wahren Sachverhalt zu erkennen, muss man das Glas verbannen und als Stützen dünne Blechröhren anwenden, da diese fast gar nicht ausstrahlen, und die Thermometer hinreichend von der Wärme des Bodens isolirt halten; überdies muss man alle Theile der Thermometer mit Metallplatten umhüllen. Alsdann geben die Thermometer, wenn die Platten poliert sind, sehr nahe die Temperatur der Luft; und wenn die Hülle mit Firnis, Russ, Laub oder sonst einer Substanz bekleidet ist, erhält man durch einen einfachen Vergleich mit dem polirten Thermometer den von der Ausstrahlung dieser Substanz erzeugten Kältegrad.

Mittelst so vorgerichteter Instrumente habe ich mich überzeugt, dass Laub, Glas, Firnis, Kienruss sich in heiteren und windstilen Nächten immer um einen bis zwei Grad unterhalb der umgebenden Luft erkalten.

Bei der Schwäche dieser Erkaltungen könnte man geneigt seyn, die von Wilson und Wells angegebenen Temperatursenkungen von 7 bis 8 Grad für übertrieben zu halten. Wenn man aber bedenkt, dass die von den bei-

den englischen Physiker beobachteten Unterschiede ein für die Frage fremdes Element enthielten, dass die zur Messung der umgebenden Temperatur bestimmten Thermometer sich in einer Höhe von $1^{\circ},3$ bis $1^{\circ},6$ befanden, während die von der strahlenden Substanz eingehüllten Instrumente nahe am Boden befindlich waren, so ist es leicht zu begreifen, woher die grosse Abweichung ihrer Resultate von den meinigen entsprang.

In der That haben die Versuche von Pictet vor länger als vierzig Jahren bewiesen, dass in heiteren und windstillen Nächten die Temperatur rasch abnimmt, so wie man sich dem Boden nähert. Bloß vermöge dieser Abnahme muss also die nahe am Boden befindliche strahlende Substanz eine niedrigere Temperatur haben als die Luft in $1^{\circ},3$ und $1^{\circ},6$ Höhe, welche das Thermometer umgibt, so dass also bei dieser Anordnung der Unterschied beider Instrumente keineswegs das gesuchte Resultat, die Erkaltung der Körper unterhalb des umgebenden Mittels, angiebt.

Es giebt indefs unter den Versuchen von Wells einen, wo ein in Wolle eingehülltes Thermometer, obwohl in gleicher Höhe mit einem freien Thermometer, eine Temperatursenkung von $6^{\circ},3$ gab. Hier hatte sich die Wolle zwei bis drei Mal stärker erkaltet als der Kienruss bei meinen Versuchen; während ich doch weiß, dass das Ausstrahlungsvermögen der Wolle nicht grösser ist als das des Kienrusses.

Um die Ursache dieser von Wells beobachteten ungewöhnlichen Kälte zu ermitteln, musste man zuvörderst die Thatsache außer allen Zweifel setzen. Deshalb bekleidete ich die Hülle einer meiner Thermometer locker mit Wolle und setzte es in's Freie neben zwei gleich grossen Thermometern, von deren Hüllen die eine berufst war und die andere ihren Metallglanz behalten hatte. Innerhalb einiger Minuten fiel das erstere Instrument zwei bis drei Mal mehr als das berufste. Ein viertes Thermometer, umhüllt von einer gleichen Menge Wolle, die aber durch umgewickelte Baumwollenfäden verdichtet und gegen die Me-

tallhülle geprefst war, gab eine intermediäre Erkaltung zwischen den beiden vorhergehenden. Endlich bekleidete ich ein fünftes Thermometer mit einem doppelten Ueberzug von feinem Flanell, und ich sahe es noch weniger sinken als das vierte. Ich wiederholte die Versuche, Baumwolle statt der Wolle nehmend, und erhielt ganz analoge Resultate. Nun begriff ich, dass die Ueberlegenheit der Baumwolle und der Wolle über den Kienrusl bei den Phänomenen der nächtlichen Strahlung daraus entsprang, dass durch die Gegenwart der Luft in den Zwischenräumen dieser Körper das Ausstrahlungsvermögen derselben eine grose Abänderung erleidet.

Allein, wie kann die Luft die aus der Strahlung entstehende Kälte vergrößern?

Die Antwort ist einfach und klar. Wir wissen seit vielen Jahren, dass die nächtliche Erkaltung der Körper nicht mit der Temperatur der Atmosphäre variiert. So haben die Kapitäne Parry und Scoresby gefunden, dass in den Polarregionen bei heiteren und windstillen Nächten der Schnee sich ungefähr um 9° unterhalb der in einer Höhe von $1^{\text{m}},3$ und $1^{\text{m}},6$ befindlichen Luftsicht erkaltet, die Temperatur der Atmosphäre mag -25° bis -30° C. oder nahe bei Null seyn. Meinerseits habe ich mich versichert, dass berufste und besirniste Thermometer um eine constante Grösse sinken, wie auch die Temperatur der Nacht beschaffen sey. Nun begreift man, dass Büschel von Baumwolle oder Wolle, die oben auf den Behältern der Thermometer ausgebreitet und der Wirkung einer heiteren Luft ausgesetzt sind, die Kälte, welche sie durch Strahlung erlangt haben, der umgebenden Luft mittheilen, und dass diese, schwerer geworden, in das Innere herabsinkt und zu Boden fällt; allein diese verdichtete Luft bedarf immer einer gewissen Zeit, um sich von den Hindernissen loszureißen, die ihr inmitten der Fäden entgegengestellt sind. Diese Fäden kommen also in eine kältere Luft als in welcher sie zu Anfang des Versuches waren, und da ihre Temperatursenkung unterhalb des umgebenden Mittels sich unverändert

erhalten muss, so werden sie sich nothwendig stärker erkalten. Diese Kältezunahme wird in dem Mittel eine neue Temperatursenkung hervorrufen, die Senkung der Temperatur des Mittels eine neue Erkaltung des strahlenden Körpers und so fort, bis die verdichtete Luft durch das erlangte Gewicht von den Fesseln befreit wird, welche sich ihrem Austritt aus der Hülle widersetzen.

Was in den Wollen- und Baumwollenbüscheln, die künstlich um die Thermometer angehäuft sind, vorgeht, muss sich natürlich in mehren Fällen wiederholen. In der That sind die Pflanzen mit haarigen Blättern kälter als die mit glatten. Kräuter und andere niedrige Pflanzen, welche Felder bedecken, sinken, vermöge dieser erkaltenden Wirkung der Luft, in ihrer Temperatur weit unter die der höheren Körper, wegen der Nähe des Bodens, der das umgebende Mittel trägt, und sie zwingt in Gegenwart der strahlenden Flächen zu bleiben. In Wirklichkeit bleibt die Luft, worin das Kraut der Wiese getaucht ist, nicht ruhig; sie wirbelt vielmehr in ganz ähnlicher Weise wie das Wasser in einem über Feuer gestellten Gefäß; die an den Spitzen der Kräuter durch die Kälte verdichteten Lufttheilchen sinken in das Innere der Wiese, erwärmen sich durch Berührung mit dem Boden, steigen wieder zu den oberen Theilen der Kräuter empor und so fort; allein es ist klar, dass sie, ungeachtet dieses Kreislaufes, zuletzt erkaltet werden, und dass das Kraut, um sich constant um dieselbe Grösse kälter zu erhalten als sie, sich immer mehr und mehr erkalten muss. Dies wird in der Luftsicht eine allmäßige Erkaltung und eine wachsende Feuchtigkeit hervorrufen.

Ich kann hier nicht in die nöthigen Einzelheiten eingehen, um zu zeigen, wie der Satz von der erkaltenden Reaction der Luft dazu dient, alle dem Erscheinen des Thaus auf den Wiesen vorangehenden und dasselbe begleitenden Thatsachen, so wie eine Menge bisher nicht begreiflicher Phänomene zu erklären. Allein Ihr Scharfsinn wird leicht mein Schweigen ergänzen, und ich brauche zum Schluss nur noch die hauptsächlichsten Aufgaben aufzuzählen, die in

meiner, bald der Academie zu übersendenden Abhandlung behandelt sind.

Abgerechnet die Schwierigkeiten, welche ich glaube in diesen beiden Briefen gehörig beseitigt zu haben, machen meine neuen Versuche über die nächtliche Erkaltung und den Thau mir vollkommen begreiflich: 1) die Temperaturvertheilung im Kraute, welches man bei Nacht im Innern kälter findet als die Oberfläche der Wiese; 2) die Umkehrung der gewöhnlichen Temperaturen nahe an der Erdoberfläche; 3) die grosse Feuchtigkeit der Luft in der Umgebung der Pflanzen, von den ersten Augenblicken an, da sie zu bethauen anfangen; 4) die Schädlichkeit des leisen Windes; 5) die Bildung und Anhäufung des Thaus während der ganzen Nacht; 6) die Fortpflanzung desselben von unten nach oben; 7) die Schwäche des Thaus auf Bäumen im Vergleich zu dem auf Kräutern und niedrigen Pflanzen der Wiesen; 8) das manchmalige Verschwinden der Thautropfen an den unteren Theilen der Pflanzen, während ihrer Bildung an den oberen; 9) die veränderliche Menge des Thaus in verschiedenen Jahreszeiten; 10) die allgemeine Vertheilung desselben auf der Fläche der Erdkugel; 11) den grossen Unterschied der Temperatur bei Tage und bei Nacht in der heissen Zone; 12) die Abwesenheit des Thaus auf den kleinen Inseln Polynesiens und auf den Schiffen mitten in grossen Meeren; 13) die reichliche Bildung desselben auf Schiffen, wenn sie sich gewissen Kontinentalküsten nähern; 14) die empfindliche Kälte bei Nacht in den Sandwüsten des inneren Afrikas; 15) das natürliche und künstliche Gefrieren wenig tiefer Wässer bei atmosphärischen Temperaturen von 5° bis 6° über Null, mit Rücksicht auf die unwiderlegliche Thatsache, dass das Wasser sich durch seine eigene Ausstrahlung kaum um $1^{\circ},5$ erkaltet.

Endlich muss ich hinzufügen, dass die Rolle, welche die stagnirende Luft bei den Phänomenen der nächtlichen Strahlung spielt, mir gewisse experimentelle Data, auf welche man sich bei Berechnung der Temperatur des Himmelsraums stützt, abändern zu müssen scheint.

XII. Zur Geschichte des Palladiums;
von N. W. Fischer.

Bis zum Jahre 1827 waren unsere Kenntnisse von den chemischen Verbindungen dieses Metalls sehr dürftig. Man kannte nur ein Oxyd und eine Chlorverbindung, welche mit den Chlormetallen der drei Alkalien Doppelsalze bildet, und von den Sauerstoffsalzen nur das salpetersaure, vermittelst dessen durch Einwirkung der Schwefelsäure das schwefelsaure, und durch Vermischen mit phosphorsauren, weinsauren, citronensauren und oxalsauren Salzen die Palladiumsalze dieser Säuren, als gelbes Pulver dargestellt werden, — wie dieses aus Berzelius Lehrbuch, 3. Aufl., welches den damaligen Standpunkt der Wissenschaft darstellt, am sichersten hervorgeht. Durch meinen in diesem Jahre (1827) erschienenen Aufsatz „Zur Geschichte des Palladiums“ (Schweiggers Jahrbuch Bd. 51) sind unsere Kenntnisse von diesem Metall auch nur in folgenden wenigen Punkten erweitert worden: dass nämlich die blaue oder blaugrüne Farbe, welche Ammoniak zu der Palladiumauflösung im Ueberschuss zugesetzt, zeigt, von einem Kupfergehalt des Metalls herührt, dass die neutrale salpetersaure Auflösung nach einiger Zeit fast alles Oxyd abscheidet, so dass die darüber stehende fast kaum gefärbte Flüssigkeit nur Spuren von dem Metall enthält, dass die Alkalien aus der Auflösung einen braunen, im Ueberschuss sich mit brauner Farbe auflösenden Niederschlag, und dass Ammoniak mit dem Chlorür außer dem bekannten von Vauquelin zuerst dargestellten rothen auch noch einen gelben Niederschlag bildet. Endlich hatte ich später (1829) noch beobachtet, dass das Palladium sowohl aus dem Chlorür als aus der salpetersauren Auflösung durch Stickgas und zwar nicht nur durch den freien, sondern durch den in der atmosphärischen Luft

enthaltenden reducirt werde (Dies. Annalen Bd. 17). Seit dieser Zeit sind unsere Kenntnisse über das Metall sehr erweitert worden, so dass man gegenwärtig drei Oxyde — ein Suboxyd, ein Oxydul (das frühere Oxyd) und ein Oxyd; und eben so drei Chlorverbindungen, ein Subchlortür, ein Chlorür und ein Chlorid annimmt, so wie Verbindungen dieses Chlorürs und Chlorids mit den Chlormetallen der Alkalien etc. Eben so sind die beiden Niederschläge, welche Ammoniak mit der Auflösung des Chlorürs hervorbringt, der rothe und der gelbe als isomer erkannt worden etc, wie dieses am vollständigsten wieder in der 5. Auflage von Berzelius Lehrbuch angegeben wird.

Die folgenden Bemerkungen sollen dazu beitragen manche Angaben zu berichtigen, besonders in Beziehung des Verhaltens dieses Metalls zu den Säuren und Alkalien, welches ganz abweichend von den übrigen Metallen ist, und worüber die Angaben so widersprechend sind.

I. Verhalten zu den Säuren.

I. Zur Salpetersäure.

Wie längst bekannt wird dieses Metall ganz abweichend von allen andern, welche sich auf Kosten der Salpetersäure oxydiren, bei gewöhnlicher Temperatur ohne alle Luftentwicklung aufgelöst, d. h. die Salpetersäure wird nur zu salpetriger Säure desoxydirt. Zugleich geht die Auflösung sehr langsam von statten, während beim Erhitzen der Säure Stickoxydgas entwickelt und schnell eine gesättigte Auflösung gebildet wird. Der Grund davon dürfte wahrscheinlich folgender sein: ohne Mitwirkung der Wärme wird *unmittelbar* salpetrigsaures Palladiumoxydul gebildet, welches durch die Gegenwart der Salpetersäure in salpetersaures verwandelt wird unter Abscheidung der salpetrigen Säure, diese nimmt demnach immer mehr zu, und wirkt hemmend auf die ferne Auflösung ein. Wenn daher der Versuch in verschlossenen Gefäßen vorgenommen wird, so nimmt die Auflösung

sung des Metalls nur sehr langsam zu und hört nach einiger Zeit ganz auf — wie man dieses aus der Färbung der Säure sehr leicht wahrnehmen kann — in offenen Gefäßen hingegen geht die Auflösung weit rascher von statthen, so dass unter gleichen Umständen eine gesättigtere Auflösung gebildet wird. Im ersten Falle hat die Auflösung eine lichte, im zweiten Falle eine dunkle braune Farbe, wie auch die Reagentien in jener Auflösung eine weit geringere Menge Palladiumoxyd als in der letzteren anzeigen. Bei erhöhter Temperatur nimmt natürlich die Auflösung des Metalls weit rascher zu, so dass schnell eine gesättigte erhalten wird.

Im Exsiccator über Aetzkalk bei gewöhnlicher Temperatur getrocknet, erhält man das Salz, gleichviel ob aus der kalten oder warmen Auflösung, theils als feine rhombische Prismen von braungelber Farbe, theils als braunrothe Salzmasse, wie es Kane angegeben hat. In beiden Zuständen zerfliesst es an der Luft und löst sich vollkommen im Wasser auf. Die Auflösung ist braun, mit viel Wasser verdünnt, gelb.

Wenn Kane angiebt, dass die Auflösung in einer geringen Menge Wasser beim Verdünnen zersetzt wird und sich ein basisches Salz abscheidet, so ist es allerdings richtig, indem durch dieses Verdünnen die Zersetzung beschleunigt wird, welche aber auch bei der gesättigten Auflösung stattfindet. Das Salz bildet nehmlich unmittelbar eine klare braune Auflösung, welche bald eine dunklere Farbe annimmt, trübe wird, und nach längerer Zeit fast alles Palladium als basisches Salz abscheidet, während die darüber stehende Flüssigkeit nur Spuren vom Metall enthält. Was aber hier erst nach langer Zeit erfolgt, wird durch das Verdünnen mit Wasser sehr beschleunigt. Wie ich dies a. a. O. S. 196 angegeben habe.

Wird hingegen die salpetersaure Auflösung bei einer höheren Temperatur zur Trockniß verdampft, so nimmt nach dem Grade der Temperatur die Auflöslichkeit im Wasser immer mehr ab, so dass schon von dem bei 25—30°

gebildeten Rückstand ein Theil ungelöst bleibt, und von dem bei $100 - 120^\circ$ getrockneten nur eine geringe Menge aufgelöst wird, d. h. also daß beim Verdunsten unter Mitwirkung der Wärme Salpetersäure sich verflüchtigt und der trockene Rückstand nach der angewandten Wärme entweder zum Theil oder ganz in basisches Salz, oder wie es bei der Temperatur von $120 - 130^\circ$ der Fall ist, in basisches Salz, in Oxydul und dreifach basisches, nach Kanne, oder endlich bloß in Oxydul verwandelt wird. Daher es auch bei $100 - 120^\circ$ getrocknet, ganz trocken bleibt, weil nur das neutrale Salz Feuchtigkeit anzieht. Auch sieht der Rückstand nicht mehr braun, sondern mehr grau aus, und wenn er nur Oxydul enthält, grau krystallinisch und metallisch glänzend, und löst sich leicht von dem Gefäß ab. Diese Neigung, in basisches Salz überzugehen und folglich Salpetersäure fahren zu lassen, ist auch der Grund, daß die wässerige Lösung des neutralen Salzes, wie angegeben, nach einiger Zeit sich trübt und basisches Salz abscheidet. Was selbst bei der nicht verdampften gesättigten Auflösung des Metalls in Salpetersäure, also bei freier Säure, vorausgesetzt, daß sie nicht zu viel betrage, wenn auch nicht in dem Grade erfolgt. Was in der wässerigen Auflösung erst nach längerer Zeit erfolgt, wird schnell bewirkt, wenn man der Auflösung Salze, wie Kochsalz, Salpeter u. s. w., ja selbst Salpetersäure zusetzt: das basische Salz schlägt sich schnell nieder, und die darüber stehende saure Flüssigkeit enthält nur eine geringe Menge Palladium aufgelöst. Der Grund davon ist, daß das basische Palladiumsalz die Eigenschaft hat, sehr lange im Wasser suspendirt zu bleiben; indem nun diese Salze oder die Salpetersäure sich mit dem Wasser verbinden, wird die Abscheidung desselben beschleunigt. Bleibt jedoch die Flüssigkeit bei Anwendung der Salpetersäure längere Zeit über dem gebildeten Niederschlag stehen, so löst sie ihn freilich wieder auf. Aus diesem basischen Salz zieht das Wasser, damit digerirt, alle Säure aus, so daß nach vollkommenem Aussüßen nur

ein dunkelbraunes Pulver zurückbleibt, das Hydrat des Oxyduls.

2. Zur Schwefelsäure.

Das cohärente, geschmiedete Metall wird von dieser Säure kaum angegriffen, hingegen das schwammige, welches aus mehreren Salzen beim Erhitzen erhalten wird, und auch das durch die Feile in Pulver dargestellte, löst sich beim Erhitzen unter Entwicklung von schwefriger Säure mit rothbrauner Farbe auf, indem sich zugleich bei fortgesetztem Erhitzen auf dem noch ungelösten Metall das Salz als braunes Pulver absetzt. Die Auflösung, die viel freie Säure enthält, lässt sich mit Wasser verdünnen, ohne eine Trübung zu erleiden. Eben so ist das Salz leicht im Wasser auflöslich; beide Auflösungen sind gelb. Da die überschüssige Schwefelsäure erst bei dem Siedpunkt derselben verflüchtigt werden kann, bei dieser hohen Temperatur aber das neutrale Salz selbst zersetzt wird, so kann es auf diese Art nicht gut dargestellt werden, sondern entweder durch das Auflösen des Oxydulhydrats in der Schwefelsäure, oder, was dasselbe ist, wenn die Schwefelsäure zugleich mit Salpetersäure auf das Metall einwirkt, wie es Kane bereitet hat. Hier sollte nur gezeigt werden, dass die Schwefelsäure auch für sich das Metall aufzulösen vermag.

Dass auch dieses Salz die Neigung hat in basisches überzugehen, geht schon aus Kane's Versuchen hervor, nach welchen die Auflösung des neutralen Salzes durch viel Wasser ein basisches Salz abscheidet, was bei der gesättigten Auflösung mit freier Säure aus dem Grunde nicht auch der Fall ist, weil die Schwefelsäure nicht abdunstet.

3. Zur Salzsäure.

Unter Zutritt der atmosphärischen Luft greift diese Säure das geschmiedete cohärente Metall nur sehr unbedeutend an, das schwammige hingegen, oder das Feilpulver löst sie vollständig, obgleich langsam unter Mitwirkung der Wärme auf. Soll die Auflösung rasch und auch mit dem geschmie-

deten bereitet werden, so wird zu der Säure so lange Chlorgas geleitet, bis alles Metall aufgelöst wird. (Chlorwasser selbst, welches so leicht Gold auflöst, wirkt unbedeutend auf dieses Metall ein.)

Wird an der Stelle des Chlors Salpetersäure zu der Salzsäure gesetzt, so kann zwar ebenfalls schnell eine gesättigte Auflösung erhalten werden, aber das beim Verdampfen, selbst bei 100° , erhaltene Salz, Chlorür, ist nicht rein, sondern enthält noch mehr oder weniger salpetersaures Salz¹), wie aus dem Folgenden hervorgehen wird.

Die gebildete Auflösung im Exsiccator über Aetzkalk getrocknet, stellt das Chlorür in prismatischen Krystallen, oder als krystallinische Masse von rothbrauner Farbe dar, welche aus der ohne Salpetersäure gebildeten Auflösung erhalten, *vollkommen trocken* bleibt. Das Salz hingegen, welches aus der mit Hülfe der Salpetersäure gebildeten Auflösung erhalten wird, zerfliesst an der Luft. Das letztere findet auch statt, wenn die Auflösung bei einer Temperatur von 30° und auch bei der über 100° getrocknet worden ist, nur dass im letztern Falle das Salz nicht mehr zerfliesst, sondern nur feucht wird. Der Unterschied in dem Verhalten des Chlorürs zur Feuchtigkeit der Luft, je nachdem die Auflösung des Metalls mit oder ohne Salpetersäure bereitet worden ist, hängt also nur von der Gegenwart oder Abwesenheit des salpetersauren Salzes ab, was auch in andern Beziehungen sich zeigen wird.

Im übrigen verhält sich dieses Salz bei Einwirkung der Wärme wie das salpetersaure, d. h. nach dem Grade der Hitze wird es zersetzt, entwickelt Salzsäure oder, wenn es wasserfrei ist, Chlor, und geht mehr oder weniger in basisches Salz, oder im letztern Fall, in Subchlorür über.

1) Dass die Salpetersäure vollkommen entfernt werden kann, versteht sich von selbst, sobald nur während des Verdampfens immer von neuem Salzsäure zugesezt wird, so lange noch Chlor sich entwickelt, aber bei dieser Art der Darstellung, wo eben nur die mit Salpetersäure bewirkte Auflösung zur Trockne verdampft wird, da geht nicht alle Salpetersäure davon.

Eben so zeigt die wässerige Auflösung des (neutralen) Chlorürs ein ähnliches Verhalten, wie die des salpetersauren Salzes, so dass die klar durch das Filtrum gehende concentrirte Auflösung nach einiger Zeit sich trübt und basisches Salz absetzt, und das trockene Chlorür selbst, bei welcher niedrigen Temperatur es auch erhalten worden ist, sich nicht vollständig auflöst. Daher auch, wie Kane angiebt, beim jedesmaligen Verdampfen und Wiederauflösen ein Theil ungelöst bleibt. Auch die Auflösung dieses Salzes ist ebenfalls gesättigt braun, sehr verdünnt, gelb.

Die anderen Säuren sind ohne Mitwirkung auf das Metall, nur die concentrirte Phosphorsäure greift das gepulverte beim Erhitzen in so fern an, dass sie unter Entwicklung phosphoriger Säure eine geringe Menge oxydirt, welches Oxyd entweder durch die entwickelte phosphorige Säure oder durch die Hitze wieder reducirt wird. Es findet daher keine Auflösung statt, aber dass eine solche Oxydation und die darauf folgende Reduction statt gefunden, zeigt der Metallüberzug an den Wänden des Gefäßes.

II. Verhalten der Alkalien.

1) Kali so wie Natron, in ätzendem Zustand, bringen mit der neutralen salpetersauren Auflösung einen starken braunen Niederschlag hervor, der sich im Ueberschuss des Laugensalzes auch beim Kochen nicht auflöst; die darüber stehende Flüssigkeit ist nur wenig gefärbt, d. h. die Alkalien entziehen dem Salze Säure und eine geringe Menge Oxydul und fällen basisches Salz. Beim Kochen zieht das im Ueberschuss angewandte Laugensalz alle Säure aus, so dass nur Oxydulhydrat zurückbleibt. Der Zusatz von Salpetersäure zu dem durch Einwirkung der Wärme zur Trockne verdampften und wieder aufgelösten Salze verändert diese Wirkung der Alkalien nicht. Hingegen bei unmittelbarer Anwendung der bei gewöhnlicher Temperatur in offenen Gefäßen gebildeten Auflösung des Metalls, die folglich viel freie Säure hat, bewirken sie anfangs keine Trübung — die Auflösung ist von klarer lichtbrauner Farbe — die erst nach

längerer Zeit sich einstellt, wo dann derselbe Niederschlag erfolgt.

Im kohlensauren Zustande bewirken diese Alkalien keinen Niederschlag, gleichviel ob die Auflösung neutral ist oder freie Säure hat, nur das im letztern Falle *anfangs* Kohlensäure entwickelt wird, was bei der neutralen Auflösung weder beim Vermischen mit einer *geringen*, noch mit einer *überschüssigen Menge* des kohlensauren Laugensalzes statt findet. Die Auflösung färbt sich nur dunkler, aber bleibt klar. Wird sie hingegen erhitzt, so stellt sich mit der noch zunehmenden dunklen, schwarzbraunen Färbung die Trübung ein, und beim Kochen schlägt sich basisches kohlensaures Palladiumoxydul als braunes Pulver nieder. Die darüber stehende Flüssigkeit hat eine lichtbraune Farbe und enthält eine geringe Menge Palladiumoxydul.

Ein gleiches Verhalten zeigen beide Alkalien im kaustischen und kohlensauren Zustande zu der Auflösung des schwefelsauren Palladiumoxyduls.

Auf die Chlortitrauflösung, neutral oder mit freier Säure, zeigen die kohlensauren eine gleiche Wirkung. Auch hier findet die Entwicklung der Kohlensäure nur *bei freier Salzsäure*, und folglich nur *im Anfang statt*. Die kaustischen hingegen bilden zwar auch einen Niederschlag von basischem Salz, wie bei den vorigen Salzen; aber dieser Niederschlag ist im Ueberschuss des Laugensalzes beim Erhitzen vollkommen mit *lichtbrauner Farbe* auflöslich.

2) Ganz anders wirkt Ammoniak, bei dem auch kein Unterschied ist, ob es kaustisch oder kohlensauer angewandt wird. In der salpetersauren Auflösung fällt es ebenfalls ein braunes basisches Salz, welches im Ueberschuss *unauflöslich* ist, aber in weit geringerer Menge als bei den fixen Alkalien, indem ein bedeutender Theil des salpetersauren Salzes aufgelöst bleibt und zwar, *hier allein, farblos*. Wird diese Auflösung bei gelinder Wärme verdampft, so erhält man ein Doppelsalz — neben salpetersaurem Ammoniak, wenn die Auflösung freie Säure enthält — in farblosen Prismen krystallisiert, welches, nach dem Entziehen eines Theils Am-

moniak, durch's Erhitzen oder durch den Zusatz einer Säure in ein gelbes übergeht, wovon in der Folge die Rede sein wird. Wird der braune Niederschlag, das basische Salz, nachdem die Auflösung abgegossen worden ist, mit Ammoniak gekocht, so wird ihm alle Säure und etwas Oxydul entzogen; das zurückbleibende ist aber nicht, wie unter diesen Umständen bei den fixen Alkalien, bloßes Oxydul, sondern eine Verbindung desselben mit Ammoniak, wovon ebenfalls in der Folge ein Näheres angegeben werden wird.

Ein gleiches Verhalten zeigt das Ammoniak zu dem schwefelsauren Salz, nur mit dem Unterschiede, daß wenn in der neutralen Auflösung anfangs und bei einer geringen Menge Ammoniak ein Niederschlag entsteht — in der Auflösung mit freier Säure findet keiner statt — er leicht im Ueberschufs sich auflöst.

In der Auflösung des Chlorürs bewirkt eine bestimmte Menge überschüssiges Ammoniak einen lichtbraunen, zimtbraunen Niederschlag, basisches Doppelsalz; wird noch mehr Ammoniak zugesetzt, so nimmt der Niederschlag an Menge ab und zeigt eine pfirsichblüthrote Farbe, ein Doppelsalz. Bei einem noch größeren Ueberschufs von Ammoniak wird dieser Niederschlag vollkommen aufgelöst, was bei gewöhnlicher Temperatur erst nach längerer Zeit, und nur zum Theil beim Erhitzen, aber schnell und vollständig erfolgt. Beim Verdampfen dieser farblosen Auflösung erhält man ein weißes prismatisch krystallisiertes Salz, welches ebenfalls bei gelindem Erhitzen oder durch den Zusatz einer Säure in gelbes übergeht. Dasselbe weiße Salz wird auch aus der Flüssigkeit erhalten, welche von dem rothen Niederschlag und selbst aus der, welche von dem basischen Salz abgegossen wird, nur in immer geringerer Menge, und im letztern Fall mit viel Salmiak verbunden, was noch mehr der Fall ist, wenn die Auflösung zugleich freie Salzsäure enthält.

Dieses vollkommene Auflösen des Chlorürs in überschüssigem Ammoniak findet jedoch nur dann statt, wenn es ohne Mitwirkung von Salpetersäure gebildet worden ist,

enthält es hingegen mehr oder weniger von dem salpetersauren Salze, so bleibt ein diesem Salze entsprechende Menge brauner Rückstand ungelöst, wie es nothwendig aus dem Verhalten des Ammoniaks zu diesem Salz selbst sich ergiebt. Daher der aus einer solchen nicht reinen Chlorärauflösung durch Ammoniak gebildete rothe Niederschlag auch mehr oder weniger Palladiumoxydul enthält, durch welches die Farbe dieses Niederschlags etwas verändert wird, nicht rein pfirsichblüthroth, sondern fleischroth etc. ist. Doch kann die nicht reine Farbe dieses rothen Salzes noch von einer anderen Verunreinigung herrühren, wie in der Folge nachgewiesen werden wird.

III. Doppelsalze.

Wie bekannt und in dem vorhergehenden auch schon beiläufig erwähnt, bildet Ammoniak mit allen Salzen zwei Doppelsalze, wovon das eine weiss und aus 1 At. des Salzes mit 2 At. Ammoniak, das zweite gelb gefärbt aus 1 At. Salz und 1 At. Ammoniak zusammengesetzt ist. Mit dem Chlorür hingegen bildet es, außer dem weissen ebenfalls aus 1 At. Chlorür und 2 At. Ammoniak zusammengesetzten, zwei gefärbte, ein rothes und ein gelbes, welche als isomer, aus 1 At. Chlor und 1 At. Ammoniak zusammengesetzt, angenommen werden.

Gegen eine solche Isomerie sprechen zwar die verschiedenen Eigenschaften, das wesentlich verschiedene Verhalten und die verschiedene Darstellungsart dieser beiden Salze, wie folgendes zeigt, aber alles dieses hat keine Bedeutung, sobald die chemische Analyse dasselbe Verhältnis der Bestandtheile darthut, wie dieses von Fehling¹⁾) angegeben worden ist.

In Hinsicht der Eigenschaften unterscheiden sie sich

1) Nach einer Stelle in Berz. Lehrb. 5. Aufl., S. 959, konnte man glauben, daß auch Kane diese beiden Verbindungen untersucht und die Isomerie derselben bestätigt hat, dem ist aber nicht also: Kane erklärt ausdrücklich es nicht gethan zu haben.

außer durch die Farbe auch dadurch, daß das rothe haarförmig, krystallinisch und glänzend ist, auf das Filtrum gebracht, vereinen sich diese Fasern zu einer glänzenden Haut — ähnlich wie essigaures Quecksilberoxydul oder basisches salpetersaures Wismuthoxyd. Das gelbe bildet ein glanzloses Pulver, und auch das unter günstigen Umständen in krystallinischen Blättchen sich darstellende zerfällt auf dem Filtrum beim Trocknen zu einem glanzlosen Pulver. Das Verhalten zum Wasser ist der Art, daß zwar beide beim Kochen darin aufgelöst werden, aber das rothe unter Zersetzung, wie Fehling beobachtet hat; es bleibt ein brauner Rückstand und die Auflösung enthält Salmiak und gelbes Salz. Dasselbe giebt auch Kane an. Das Verhalten des gelben haben beide nicht untersucht, dieses ist aber von der Art, daß es sich ohne bedeutende Zersetzung und vorausgesetzt, daß es rein sey, ohne einen Rückstand zu lassen, auflöst.

Auch das Verhalten zu Ammoniak ist verschieden, wie ebenfalls Fehling bereits angegeben hat, indem das gelbe sehr leicht und bei gewöhnlicher Temperatur, das rothe hingegen erst beim Kochen oder in geringerer Menge nach langer Zeit bei gewöhnlicher Temperatur aufgelöst wird. Die größte Verschiedenheit zeigen sie bei der Darstellung.

Das rothe wird einzig und allein durch Vermischen der Chlorürauflösung mit Ammoniak bewirkt, am vortheilhaftesten wenn vor dem Vermischen mit Ammoniak zu der Chlorürauflösung noch Salzsäure gesetzt worden ist. Das gelbe umgekehrt durch den Zusatz von Salzsäure zu der ammoniakalischen Auflösung des Chlorürs. Daher auch aus dem weissen Doppelsalz $\text{CrCl}_3 + 2\text{NH}_3$ entweder durch's Erhitzen oder durch den Zusatz von Salzsäure..

Ein Uebergang von dem einen zum andern findet eben nur in der angegebenen Darstellungsart statt, so daß das rothe, in Ammoniak gelöst, durch Salzsäure als gelbes, und dieses, in Salzsäure beim Kochen gelöst, durch Ammoniak als rothes gefällt wird. Die Verwandlung des rothen, wenn es feucht bis 100° erwärmt wird, in gelbes fand ich bei

reinem rothen Salze nicht bestätigt. Eine Verwandlung des gelben in rothes, erwähnt weder Fehling noch Kane.

Das aus dem Chlortür und Chlorkalium gebildete Doppelsalz ist in kleinen haarförmigen Krystallen von einer schönen Bronzesfarbe, die gröfseren prismatischen Krystalle sind bei reflectirtem Lichte braun, bei durchscheinendem von schöner grüner, pistaziengrüner Farbe.

Aufser diesen Salzen werden auch noch Doppelsalze als Verbindungen des Chlorids mit den Chlormetallen der Alkalien erhalten, welche, von Chlorkalium oder Ammonium gebildet, eine schöne zinnoberrothe Farbe haben. Das erste wird am vortheilhaftesten dargestellt, wenn zu der warmen Auflösung des Kalium-Palladiumchlortirs in Königswasser Chlorkalium gesetzt wird. Von den Sauerstoffsalzen sind nur die angegebenen ammoniakalischen bekannt. Ein prismatisch krystallisiertes gelbes Doppelsalz aus salpetrigsaurem Palladiumoxydul und salpetrigsaurem Kali, und ein ähuliches faseriges von Natron, wovon das erste luftbeständig ist, das zweite aber zerfliesst, erhält man, wenn zu der Auflösung des (reinen) Chlorürs salpetrigsaures Kali oder Natron so lange hinzugesetzt wird, bis die braune Farbe des Chlorürs in die gelbgrünlche übergeht und die Flüssigkeit bei gelinder Wärme verdampft wird. Sind beide Auflösungen concentrirt, so bedarf es keines Verdampfens, indem sich das Salz gleich beim Vermischen in Krystallen abscheidet. Ammoniak bildet mit dem salpetrigsauren Palladium zwei Salze, mit 2 und 1 At. Ammoniak wie mit den früher angegebenen. Auch bei dieser ist das erste weis, das zweite gelb.

Wenn ich in dem vorhergehenden bis auf geringe Abweichungen alle Angaben Kane's, wie sie Berzelius darstellt, bestätigt gefunden habe, so konnte ich dieses im Be treff der Salze, welche als Niederschläge erhalten werden sollen, durchaus nicht finden. Namentlich konnte ich aus der Chlorürauflösung weder beim Vermischen mit phosphorsäuren, noch mit tartrylsauren Salzen die Palladiumsalze dieser Säuren als gelbes Pulver fallen. Das letztere Salz

bringt gar keine Veränderung hervor, in welchem Verhältnis auch die Auflösung des neutralen weinsauren Kalis mit der neutralen Chlorürauflösung vermischt werde. Beim Erwärmen wird eine geringe Menge Metall reducirt. Die Auflösung des phosphorsauren Natrons bewirkt nach einiger Zeit einen braunen schleimigen Niederschlag, der aber nichts von Phosphorsäure enthält, sondern basisches Chlorür ist, welches eben so durch andere indifferente Salze wie durch schwefelsaures und salpetersaures Nafron aus der Chlorürauflösung gefällt wird. Bloß ein oxalsaures Salz wird aus dem Chlorür durch oxalsaures Kali als feine haarförmige Fasern von bräunlich gelblicher Farbe erhalten, ist aber nicht, wie angegeben wird, das einfache Palladiumsalz, sondern ein Doppelsalz, aus oxalsaurem Palladiumoxydul und oxalsaurem Kali zusammengesetzt. Oxalsaures Ammoniak, das einfache wie das doppelsaure, bewirkt keinen Niederschlag.

Weder Gerbsäure noch Formylsäure gehen Verbindungen mit dem Oxydul ein, vielmehr bewirken beide die Reduction desselben aus den Auflösungen; die erste scheidet es als schwarzes Pulver, die letzte als eine glänzende Metallhaut ab.

Die oben angegebene Verbindung des Oxyduls mit Ammoniak, welche gebildet wird, wenn Ammoniak im Uberschus auf salpetersaures Oxydul einwirkt, und der gebildete Niederschlag mit Ammoniak gekocht wird, ist getrocknet von grauschwarzer Farbe und löst sich blättrig von dem Gefäße ab, detonirt schwach bei gelindem Erhitzen, wobei Wasser und Stickgas entwickelt wird und das Metall als körniges Pulver zurückbleibt. Es ist $Pd + HN^3$.

Meine frühere Beobachtung über die Reduction des Metalls aus seinen Auflösungen, wenn sie der atmosphärischen Luft ausgesetzt werden (Poggendorff's Annalen a. a. O.), hat sich bei meiner jetzigen Untersuchung bei allen drei Auflösungen, des schwefelsauren und salpetersauren Oxyduls und des Chlorürs, vollkommen bestätigt, wie in der Folge umständlich gezeigt werden wird.

Gegenwärtig bemerke ich nur, daß Kane diese Reduction beim Chlortür gar wohl wahrgenommen hat, ohne jedoch den Grund derselben einzusehen.

Zu den charakteristischen Reagentien für die Auflösungen dieses Metalls gehört, wie ich schon in meinem ersten Aufsatze bemerkt habe, das Zinnchlorür, indem es für sich einen braunen Niederschlag bildet, ähnlich wie mit der Platinauflösung, der sich aber durch den Zusatz von Salzsäure mit grüner Farbe auflöst, weshalb unmittelbar diese Färbung stattfindet, wenn die Palladiumauflösung freie Salzsäure hat. Selbst bei $\text{Tn.}^{\circ}\text{.000}$ Metall in der Auflösung ist diese Farbe noch sehr gut wahrzunehmen. Diese Reaction ist daher eben so charakteristisch und empfindlich wie die des Jodkaliums, welches bei dieser Verdünnung eine schwache bräunliche Färbung erzeugt.

XIII. Sauerwasser vom *Paramo de Ruiz*.

Hr. W. Degenhardt hat vom *Paramo de Ruiz*, einem thätigen Vulcan Neu-Granada's, in 3800 Met. Höhe, dort wo der *Guali*, einer der Zuflüsse des *Rio-Grande de la Magdalena*, entspringt, in trachytischem Gebiet eine Sauerquelle von $69^{\circ},4$ C. entdeckt, deren Wasser nach Hrn. Lewy's Analyse in 1000 Th. enthält: Schwefelsäure 5,181, Chlorwasserstoffsäure 0,881, Thonerde 0,5, Kalk 0,14, Natron 0,36, Kieselerde 0,183, Bittererde 0,32 und Eisenoxyd 0,365, in Summa 7,930 feste Bestandtheile. — Dieses Wasser ist drei Mal reicher an Säure als das vom *Pasambio* oder *Rio-Vinagre*, denn letzteres enthält, nach Hrn. Boussingault's Analyse v. J. 1831, in 1000 Th. nur Schwefelsäure 1,11, Chlorwasserstoffsäure 0,91, Thonerde 0,40, Kalk 0,13, Natron 0,12, Kieselerde 0,20 und Spuren von Eisenoxyd, in Summa 2,87 feste Bestandtheile. Das Wasser des Pasambio besitzt aber auch keine hohe Temperatur, und eben seine Kühle lässt schließen, dass es größtentheils aus den Schneefeldern auf dem Gipfel des Puracé entspringt, und seine Sauerheit nur der Beimischung vulkanischer Sauerquellen verdankt. (*Compt. rend.*, T. XXIV, p. 397 und 449.)

XIV. Uebersicht der Formeln sämmtlicher bisher näher untersuchter Mineralien, bei deren chemischer Constitution die polymere Isomorphie eine Rolle spielt;
von Th. Scheerer in Christiania.

(Die Sauerstoffverhältnisse der talkerdenreichen Mineralien wurden mit Zugrundelegung des veränderten Atomgewichts der Talkerde, $Mg = 251,33$, berechnet; die der übrigen blieben im Wesentlichen ganz so, wie sie früher mitgetheilt worden sind. — Die Mineralien von gleicher oder ähnlicher Krystallform, gleicher oder ähnlicher krystallinischer Structur, sind durch Klammern vereinigt. — Die am Schlusse beigefügten Anmerkungen sind zu berücksichtigen. —)

I. Silicate.

A. Silicate von Talkerde und damit isomorphen Basen¹⁾.

1) Mit eingliedriger Formel.

Olivin, K,

meteorischer	21,2 : 21,5, n. Berzelius	(R) ³ Si
v. Monte Somma	20,8 : 21,0, n. Walmst.	
v. d. Iserwiese	21,6 : 21,8, n. Demselb.	
v. Vivarais	21,5 : 21,8, n. Demselb.	
v. Langeac	21,2 : 20,2, n. Berthier	
v. Böhmen	21,0 : 22,0, n. Strom.	
v. Giefsen	20,8 : 22,0, n. Demselb.	
meteorischer	19,9 : 22,4, n. Demselb.	
Villarsit, K, (I)	20,6 : 22,0	
Serpentin, K,	21,4 : 21,1	
Chrysotil ²⁾	21,7 : 21,1	

1) Diejenigen Species dieser Abtheilung, von denen man Krystalle kennt, sind mit einem K, diejenigen, welche bisher nur von krystallinischer Structur gefunden wurden, mit einem K bezeichnet. Alle übrigen sind derb.

2) Nach der Analyse von Delesse.

Dermatin	19,7 : 19,0	(R) ³ Si
Deweylit	20,8 : 21,8	(Mg) ³ Si
Gymnit	20,9 : 21,0	(Mg) ³ Si
Hydrophit	18,8 : 18,1	(R) ³ Si
Chlorophäit	17,1 : 17,1	(Fe) ³ Si
(Kieselmalachit)		(Cu) ³ Si
Pikrophyllit	$\begin{cases} 25,9 : 16,7 \\ 25,5 : 17,0 \end{cases}$	(R) ² Si
Aphrodit	$\begin{cases} 26,8 : 17,5 \\ 26,8 : 17,8 \end{cases}$	(Mg) ² Si
Pyrosklerit, k	$\begin{cases} 23,7 : 16,6 \\ 24,0 : 16,0 \end{cases}$	(R) ² [Si]
Chonikrit	$\begin{cases} 23,9 : 15,5 \\ 24,0 : 16,0 \end{cases}$	(Mg, Ca) ² [Si]
Augit, K, (R = Ca, Mg, Fe, Mn)	$\begin{cases} R^3 Si^2 \\ (R)^3 Si^2 \\ R^3 [Si]^2 \\ (R)^3 [Si]^2 \end{cases}$	
(Diallag, Broncit, Hypersthen)		
(II) Talk, K, v. kl.	$\begin{cases} 29,6 : 14,4 \\ 29,6 : 14,8 \end{cases}$	(R) ³ Si ²
Bernhardt v. St. Foix		
Neolith, K,	$\begin{cases} 29,4 : 14,7 \\ 29,4 : 14,7 \end{cases}$	(R) ³ [Si] ²
Meerschaum v. Marokko,	$\begin{cases} 28,2 : 15,1 \end{cases}$	(Mg) ³ Si ²
Cabanas v. Coulommiers	$\begin{cases} 28,2 : 14,1 \end{cases}$	

2) Mit zweigliedriger Formel.

Asbest, k, v. Pitkaranda	$\begin{cases} 24,5 : 15,5 \\ 24,0 : 16,0 \end{cases}$	(R) ³ Si + (R) ³ [Si] ²
Schillerspath, k,	$\begin{cases} 23,8 : 17,3 \\ 23,5 : 17,6 \end{cases}$	2(R) ³ Si + (R) ³ [Si] ²

Antigorit	$\begin{cases} 23,1 : 17,8 \\ 23,1 : 17,3 \end{cases}$	$2(\text{R})^3 \ddot{\text{Si}} + (\text{R})^3 \ddot{\text{Si}}^2$
-----------	--	--

Na

Retinalith	$\begin{cases} 20,8 : 13,4 : 4,8 \\ 20,3 : 13,5 : 4,5 \end{cases}$	$2(\text{R})^3 \ddot{\text{Si}} + \text{Na}^2 \ddot{\text{Si}}$
------------	--	---

Schweizerit ¹⁾	$\begin{cases} 22,8 : 20,5 \\ 22,8 : 20,3 \end{cases}$	$2(\text{R})^3 \ddot{\text{Si}} + \text{Mg}^2 \ddot{\text{Si}}$
---------------------------	--	---

Spadait (?)	$\begin{cases} 29,1 : 15,7 \\ 29,0 : 16,1 \end{cases}$	$(\text{Mg})^2 \ddot{\text{Si}} + \text{Mg}^3 \ddot{\text{Si}}^2$
-------------	--	---

Pikrosmin, k,	$\begin{cases} 28,1 : 15,8 \\ 28,1 : 15,6 \end{cases}$	$(\text{Mg})^2 \ddot{\text{Si}} + \text{Mg}^3 \ddot{\text{Si}}^2$
---------------	--	---

Monradit, k,	$\begin{cases} 29,2 : 15,7 \\ 29,0 : 16,1 \end{cases}$	$(\text{R})^2 \ddot{\text{Si}} + \text{R}^3 \ddot{\text{Si}}^2$
--------------	--	---

Hornblende, K, (R=Ca, Mg, Mn, Fe) (Grammatit, Pargasit, Uralit, An- thophyllit)	$\begin{cases} \text{R} \ddot{\text{Si}} + \text{R}^3 \ddot{\text{Si}}^2 \\ \text{R} \ddot{\text{Si}} + (\text{R})^3 \ddot{\text{Si}}^2 \\ \text{R} \ddot{\text{Si}} + \text{R}^3 [\ddot{\text{Si}}]^2 \\ \text{R} \ddot{\text{Si}} + (\text{R})^3 [\ddot{\text{Si}}]^2 \end{cases}$	
---	--	--

(III) Talk, K, v. St. Gotth., Greiner, Proufsiansk, Zillerthal v. Chamouny	$\begin{cases} 32,2 : 13,9 \\ 32,2 : 14,3 \end{cases}$	$\text{Mg} \ddot{\text{Si}} + (\text{Mg})^3 \ddot{\text{Si}}^2$
--	--	---

Meerschaum, a. d. Le- vante, (Lychnell)	$\begin{cases} 31,6 : 14,5 \\ 32,0 : 14,2 \end{cases}$	$\text{Mg} \ddot{\text{Si}} + (\text{Mg})^3 \ddot{\text{Si}}^2$
--	--	---

Speckstein	$\begin{cases} 33,9 : 13,1 \\ 33,5 : 13,4 \end{cases}$	$3 \text{R} \ddot{\text{Si}} + (\text{R})^3 \ddot{\text{Si}}^2$
------------	--	---

Krokydolith	$\begin{cases} 26,6 : 11,8 \\ 26,6 : 11,4 \end{cases}$	$3 \text{R} \ddot{\text{Si}} + 2(\text{Fe})^3 \ddot{\text{Si}}^2$
-------------	--	---

1) Unter diesem Namen habe ich hier die von Schweizer untersuchten serpentinartigen Mineralien belegt. S. Erdmann's und Marchand's Journal, Bd. 32, S. 499.

B. Silicate von Talererde und damit isomorphen Basen,
verbunden mit Aluminaten und Eisenoxydaten.

Cronstedit	{ durch Umformung der (v. Kobell'schen Formel)	$(\text{R})^3 \ddot{\text{Si}} + (\text{R})\ddot{\text{Fe}}$
Chlorit	{ 16,3 : 7,9 : 18,1 { 16,0 : 8,0 : 18,0	$2(\text{R})^3 \ddot{\text{Si}} + (\text{R})\ddot{\text{Al}}$
Thuringit	{ 11,7 : 6,6 : 13,5 { 12,0 : 6,0 : 14,0	$2(\text{Fe})^3 \ddot{\text{Si}} + (\text{R})\ddot{\text{Fe}}$
Chloritschiefer	{ 16,4 : 5,7 : 19,3 { 17,0 : 5,7 : 18,9	$3(\text{R})^3 \ddot{\text{Si}} + (\text{R})\ddot{\text{Al}}$
Ripidolith	{ 13,7 : 9,0 : 16,5 { 13,5 : 9,0 : 16,5	$3(\text{R})^3 \ddot{\text{Si}} + 2(\text{R})\ddot{\text{Al}}$
Pennin	{ 17,4 : 4,4 : 19,0 { 17,5 : 4,4 : 19,0	$4(\text{R})^3 \ddot{\text{Si}} + (\text{R})\ddot{\text{Al}}$
Xanthophyllit	{ 13,3 : 13,3 : 13,5 { 13,3 : 13,3 : 13,3	$(\text{R})^2 [\ddot{\text{Si}}] + (\text{R})\ddot{\text{Al}}$
Leuchtenbergit	{ 17,8 : 8,4 : 17,1 { 17,2 : 8,6 : 17,2	$2\text{Mg}^2 \ddot{\text{Si}} + (\text{R})^2 \ddot{\text{Al}}$
Tabergit ¹⁾	{ 18,6 : 6,1 : 17,2 { 18,6 : 6,2 : 16,5	$3\text{Mg}^2 \ddot{\text{Si}} + (\text{R})^2 \ddot{\text{Al}}$
Kämmererit	{ 19,2 : 6,9 : 17,1 { 19,2 : 6,4 : 17,1	$3\text{Mg}^2 \ddot{\text{Si}} + (\text{R})^2 \ddot{\text{Al}}$
Seifenstein (Svanberg)	{ 24,3 : 3,9 : 16,7 { 23,4 : 3,9 : 16,9	$6(\text{Mg})^2 \ddot{\text{Si}} + (\text{R})\ddot{\text{R}}$
Chloritoid	{ 15,3 : 15,1 : 10,0 { 15,0 : 15,0 : 10,0	$(\text{R})^3 \ddot{\text{Si}}^2 + (\text{R})\ddot{\text{Al}}^2$

Die

1) So habe ich hier den von Svanberg untersuchten chloritartigen Clim-
mer v. Taberg benannt. S. Berz. Jahress. XX, S. 234.

Die Formeln der zu diesem Abschnitte gehörigen Mineralien sind sämmtlich von der Form:



$n=1, 2, 3, 4$ oder 6 ; $x=3, 2$ oder $1\frac{1}{2}$; $y=2, 1$ oder $\frac{1}{2}$. Diese Uebereinstimmung der chemischen Constitution steht in vollkommener Harmonie mit den betreffenden Krystallformen, dennalle diese Mineralien (mit Ausnahme des nur derb angetroffenen Seifensteins) krystallisiren theils holoe drisch, theils hemiedrisch *hexagonal*.

C. Silicate von Talkerde und Thonerde, und damit isomorphen Basen.

1) Glimmer und glimmerartige Mineralien.

Glimmer v. Iviken	$(R)Si^2 + R Si^3$
Glimmer v. Brättstad	$(R)Si + 2R Si^2$
Nakrit (Thomson)	$(Fe)Si + 3Al Si^2$
Glimmer v. Broddbo	$(R)Si + 2R Si$
Pinit v. Penig	$(R)Si + 2R Si$
Pinit v. d. Auvergne	$3(R)Si + 2R^2 Si^3$
Pyrophyllit v. Beresowsk (Hermann)	$3(R)Si + 2Al^2 Si^3$
Pyrophyllit v. Spaa (Rammelsberg)	$3(R)Si + 2Al^2 Si^4$
<hr/>	<hr/>
Gigantolith	$(R)^3 Si^2 + 4R Si$
<hr/>	<hr/>
Chlorophyllit	$(R)^2 Si + Al Si$
Ottrelit	$(R)^2 Si + Al Si$
Talcit (Thomson)	$(R)^2 Si + 2Al Si$
Glimmer v. Rosendal	$2(R)^2 Si + Al Si$
Glimmer v. Pargas	$3(R)^2 Si + 4R Si$
<hr/>	<hr/>
Glimmer v. Monroe, Miask u. Karosulik	$(R)^3 Si + R Si$
Glimmer v. Abborforfs	$(R)^3 Si + 4R Si$
Glimmer v. Sala	$2(R)^3 Si + R Si$

Die Zusammensetzung aller dieser zum Glimmergeschlechte gehörigen Mineralien kann durch die Formel



ausgedrückt werden, in welchem Ausdrucke x' und y mit wenigen Ausnahmen = 1 sind. Alle haben eine hexagonale Krystallform, oder krystallisiren doch wenigstens in Säulen von nahe 120° und mit abgestumpften scharfen Seitenkanten.

2) Nicht glimmerartige Mineralien.

a) Krystallinische.

Fahlunit	$(\dot{R})^3 \ddot{Si} + 2 \dot{R} \ddot{Si}$
Esmarkit	$(\dot{R})^3 \ddot{Si} + 2 \dot{Al} \ddot{Si}$
Pyrargillit	$(\dot{R})^3 \ddot{Si} + 2 \dot{Al} \ddot{Si}$
Praseolith	$2(\dot{R})^3 \ddot{Si} + 3 \dot{Al} \ddot{Si}$
Zeuxit	$3(\dot{R})^3 \ddot{Si} + 2 \dot{Al}^3 \ddot{Si}^2$
<hr/>	
Roselan	$(\dot{R})^2 \ddot{Si} + 2 \dot{R} \ddot{Si}$
Polyargit	$(\dot{R})^2 \ddot{Si} + 2 \dot{R} \ddot{Si}$
Kirwanit	$6(\dot{R})^2 \ddot{Si} + \dot{Al} \ddot{Si}$
Stellit	$9(\dot{R})^2 \ddot{Si} + \dot{R}^2 \ddot{Si}^3$
<hr/>	
Weifsit ¹⁾	$(\dot{R})^3 \ddot{Si}^2 + 2 \dot{Al} \ddot{Si}^2$
Cordierit	$\dot{R}^3 \ddot{Si}^2 + 3 \dot{R} \ddot{Si}$
Aspasiolith	$(\dot{R})^3 \ddot{Si}^2 + 3 \dot{R} \ddot{Si}$
<hr/>	
Saccharit	$2(\dot{R}) \ddot{Si} + \dot{Al}^2 \ddot{Si}^3$
Rhodalith	$3(\dot{R}) \ddot{Si} + \dot{R} \ddot{Si}$
Beaumontit	$3(\dot{R}) \ddot{Si} + \dot{Al} \ddot{Si}^2$
Neurolith	$(\dot{R}) \ddot{Si}^2 + \dot{Al} \ddot{Si}^3$

Die Zusammensetzung der Mineralien dieses Abschnitts lässt sich durch dieselbe allgemeine Formel ausdrücken, wie

- 1) Die Formel des Weifsit lässt sich umformen zu $3(\dot{R}) \ddot{Si} + \dot{R}^2 \ddot{Si}^3$, also zu der des Pfeifensteins.

die des vorigen. An genauen Beobachtungen über die betreffenden Krystallformen fehlt es noch bei mehreren. Fah-lunit (nach Haidinger), Esmarkit (nach Demselben), Pyrargillit, Praseolith (nach meinen Beob.), Cordierit und Aspasiolith, vielleicht auch Stellit, Zeuxit und Rhodalith, krystallisiren rhombisch; die sechs Erstgenannten in Säulen von nahe 120° . — In Bezug auf die ähnlichen Krystallformen gewisser Mineral-Gruppen, deren chemische Constitution sich durch eine allgemeine Formel ausdrücken lässt, gedenke ich später umfassendere Mittheilungen zu machen. Die Bahn zur Darlegung dieser wichtigen Thatsache ist bereits von Wallmark in seinem Aufsatze über die Krystallformen gewisser Silicate von 1- und 1-atomigen Basen, R, gebrochen worden. Für die Silicate von gemischten Basen, R und R̄, konnte früher kein ähnliches allgemeines Gesetz aufgefunden werden, weil viele dieser Mineralien, wegen der älteren Deutungsart ihres Wassergehalts, Formeln erhielten, welche keine Vergleichung mit denen der wasserlosen Silicate gestatteten.

b) Amorphe.

Pechstein	$2(R)Si^2 + R Si^3$
Cimolit	$(R)Si + AlSi^2$
Onkosin	$(R)Si + AlSi$
Steinmark v. Zorge	$(R)Si + AlSi$
Razoumoffskin	$(R)Si + AlSi$
Pfeifenstein ¹⁾	$3(R)Si + R^2 Si^3$
<hr/>	
Fettbol	$(R)^3 Si^2 + R Si$
Néontronit v. Autun	$(R)^3 Si^2 + 2R Si$
Huronit	$(R)^3 Si^2 + 3AlSi$
Agahnatolith	$(R)^3 Si^2 + 3R Si$

1) S. Weißit.

Bergseife v. Plombières	$(R)^2 Si + Al Si$
Bol v. Stolpen	$(R)^2 Si + Al Si$
Nontronit v. Villefranche	$(R)^2 Si + R Si$
Kaolin	$(R)^2 Si + 3 Al Si$
Nephrit	$3(R)^2 Si + Al Si$
Nontronit v. Andreasberg	$3(R)^2 Si + 4 Fe Si$
Saponit	$4(R)^2 Si + Al Si$
Pinguit	$(R)^3 Si + Fe Si$
Bol v. Ellinghausen, Cap de Prudelles und Säebühl	$(R)^3 Si + 2 R Si$
Eisensteinmark	$(R)^3 Si + 2 R Si$
Halloysit v. la Vouth und Thiviers	$(R)^3 Si + 2 R Si$
Bergseife v. Thüringen	$(R)^3 Si + 2 R Si$
Halloysit v. Lüttich, Guatequé u. Bayonne	$(R)^3 Si + 4 Al Si$
Tuesit (Thomson)	$(R)^3 Si + 4 Al Si$
Steinmark v. Clausthal	$(R)^3 Si + 4 Al Si$
Gilbertit	$(R)^3 Si + 6 R Si$
Kerolith	$2(R)^3 Si + Al Si$
Bergseife v. Arnstedt	$(R)^6 Si + R^2 Si$

Fast sämmtliche diese amorphen Mineralien haben Formeln von krystallisirt vorkommenden Species (IV).

II. Borate.

Datolith	$3(CaSi + CaB) + (R)Si$
Botryolith	$3(CaSi + CaB) + (R)^2 Si$

III. Phosphate und Arseniate.

A. Phosphate und Arseniate von Eisenoxydul und damit isomorphen Basen.

(V)	Vivianit v. Cornwall	$(\text{Fe})^5 \ddot{\text{P}}$
	Blaueisenerde v. Hillentrop	$(\text{Fe})^5 \ddot{\text{P}}$
	Kobaltblüthe	$(\text{Co})^5 \ddot{\text{As}}$
	Vivianit v. Bodenm. (Fe) ² 0 $\ddot{\text{P}}^3$ od. (Fe) ⁵ $\ddot{\text{P}}+5\dot{\text{H}}$	
	Mullicit (Fe) ² 0 $\ddot{\text{P}}^3$	- (Fe) ⁵ $\ddot{\text{P}}+5\dot{\text{H}}$
	Vivianit v. I. d. France (Fe) ² 0 $\ddot{\text{P}}^2$	- (Fe) ⁵ $\ddot{\text{P}}+15\dot{\text{H}}$
	Huraulit (Mn, Fe) ² 0 $\ddot{\text{P}}^6$	- 2(R) ⁵ $\ddot{\text{P}}+15\dot{\text{H}}$

B. Phosphate und Arseniate von Kupferoxyd und damit isomorphen Basen.

(VI)	Libethenit	$(\text{Cu})^5 \ddot{\text{P}}$
	Olivinit	$(\text{Cu})^5 \ddot{\text{As}}$
	Erinit	$(\text{Cu})^5 \ddot{\text{As}}$
	Euchroit (Cu) ¹ 5 $\ddot{\text{P}}^2$ od. (Cu) ⁵ $\ddot{\text{P}}+5\dot{\text{H}}$	
	Phosphorochalcit ¹⁾	$(\text{Cu})^{1,5} \ddot{\text{P}}^2$
	Phosphors. Kupf. v. Hirschberg	$(\text{Cu})^{1,5} \ddot{\text{P}}^2$
	Strahlerz	$(\text{Cu})^{1,5} \ddot{\text{As}}^2$

Kupferglimmer $(\text{Cu})^{1,0} \ddot{\text{As}}+20\dot{\text{H}}$ od. $(\text{Cu})^{2,0} \ddot{\text{As}}$

Phosphors. Kupf. v. Ehl $(\text{Cu})^{2,0} \ddot{\text{P}}^3$

C. Phosphate und Arseniate von Thonerde, Eisenoxyd und anderen Basen²⁾.

Peganit	$4(\text{R})^5 \ddot{\text{P}}+\text{Al}^{2,0} \ddot{\text{P}}^6$
Wawellit	$4(\text{R})^5 \ddot{\text{P}}+\text{Al}^{1,5} \ddot{\text{P}}^6$

1) Nach den Analysen von Lynn und Kühn. Der mir erst ganz kürzlich in die Hände gekommenen Arbeit Hermann's über verschiedene Kupfer-Phosphate werde ich später gedenken.

2) (R) besteht in den angeführten Mineralien dieses Abschnitts nur aus basischem Wasser.

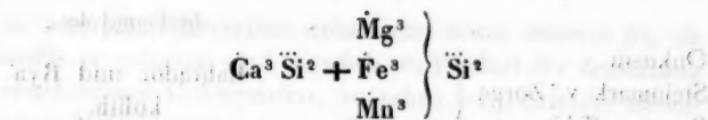
Eisensinter (Stromeyer)	$4(R)^5 As + Fe^{2+} As^6 + 10(R)^3 S$
Fischerit	$6(R)^5 P + Al^{2+} P^6$
Arseniosiderit v. Romanèche (Rammelsberg)	$\{ 6(R)^5 As + Fe^{2+} As^8$
Diadochit (Plattner)	$2Fe^{2+} P^6 + 30(R)^3 S$
Eisensinter (Kersten)	$4(R)^1 As + Fe^{2+} As^6$
Linsenerz	$5(Cu)^1 As + Al^5 As$

Ausser den in dieser Uebersicht zusammengestellten Mineralien, deren Anzahl etwa 130 beträgt, gibt es noch viele andere, welche hierher gehören, deren Formeln aber, aus Mangel an genauen Analysen, sich einstweilen nicht bestimmen lassen. Von Silicaten sind dies z. B. Bonsdorffit, Hisingerit, Holmit, Phyllit, Prasilit, Pyrallolith, Plinthit, Seyberfit, Vermiculit u. s. w.; von Phosphaten und Arseniaten Kalait, Lazulith, Skorodit, Würfelerz, Thrombolith u. s. w. — Bei mehreren dieser Mineralien ist es besonders das Verhältniss des Fe zum Fe, welches wiederholter Bestimmungen bedarf.

Anmerkungen.

I. Das Sauerstoffverhältnis des Villarsit, 20,6 : 22,0, harmonirt weniger genau mit der Formel $(R)^3 Si$, als das der übrigen hierhergehörigen wasserhaltigen Mineralien. Wirft man inzwischen einen Blick auf die beigefügten Sauerstoffverhältnisse der Olivine verschiedener Fundstätten, so sieht man, dass hier noch grössere Abweichungen vorkommen.

II. Die scheinbare Gleichheit der Formeln des Augits und Talks könnte, bei oberflächlicher Betrachtung, leicht dazu verleiten, nach einer Isomorphie zu suchen, wo keine zu finden ist. Jene auscheinende Gleichheit ist keine wirkliche Identität, denn die Formel der Augite muss eigentlich



geschrieben werden. Durch die wesentliche Rolle, welche die Kalkerde in der Zusammensetzung der Augite spielt, sind dieselben vom Talk durchaus verschieden. Mit mehr Grund ließe es sich dagegen voraussetzen, dass der Fowlerit (siehe Dana's *Mineralogy*, p. 362), dessen Formel $\text{Mn}^3 \text{Si}^2$ ist, mit dem Talk isomorph seyn müsse. Die Säulenwinkel beider Mineralien stimmen allerdings auch sehr nahe überein (etwa 121° und 120°); allein der Talk kry stallisiert, so weit dies bis jetzt ausgemacht ist, nach dem rhombischen, der Fowlerit nach dem klinorhomboïdischen (triklinometrischen) Systeme. Der Grund, warum hier keine gröfsere Uebereinstimmung stattfindet, dürfte darin liegen, dass, wie es mehrfach den Anschein hat, das Manganoxydul nicht unter allen Umständen (besonders nicht, wenn es *dominirend* in einem Silicate auftritt) mit der Talkerde als isomorph betrachtet werden kann. So z. B. ist, nach Rammelsberg's Analyse und Berechnung, die Formel des Tephroit = $\text{Mn}^3 \text{Si}$, also völlig analog mit der des Olivin; dennoch aber besitzen diese Mineralien verschiedene Krystallformen.

III. Was von dem augitischen Talk (von der Formel $(\text{R})^3 \text{Si}^2$) in Bezug auf den Augit gesagt wurde, gilt auch von dem amphibolitischen Talk ($\text{R Si} + (\text{R})^3 \text{Si}^2$) in Bezug auf die Hornblende, so wie auch von einigen andern später angeführten Mineralien. Ueberall wo man, zufolge der aufgestellten Formeln, mit Grund eine Isomorphie voraussetzen kann, ist sie auch wirklich vorhanden. — Ob beide Arten des Talkes, der augitische und amphibolitische, genau von gleicher Krystallform seyen, oder nur, wie Augit und Hornblende, einander *ähnlich* kry stallisiren, wäre interessant zu erfahren.

IV. Unter den angeführten amorphen oder doch scheinbar amorphen Mineralspecies haben

die Formel des

Onkosin		Labrador und Ryakolith.
Steinmark v. Zorge		
Razounoffskin		Barsowit, Bytownit und Cordierit.
Huronit		Oligoklas.
Agahnatolith		
Cimolit		
Bergseife von Plombières		Chlorophyllit und Ottrelit.
Bol von Stolpen		
Nontronit von Villefranche		
Halloysit von Lüttich, Guatequé und Bayonne		Glimmer von Abborfors.
Tuesit		
Steinmark von Clausthal		Glimmer von Pargas.
Nontronit vom Andreasberg		Glimmer von Sala.
Kerolith		
Bol von Ellinghausen, Cap de Prudelles und Säsebühl		Epidot, Fahlunit, Mejonit, Saussurit.
Eisensteinmark		
Halloysit von la Vouth u. Thiviers		
Bergseife von Thüringen		
Pinguit		Granat.

Im Ganzen kommen also unter den Formeln dieser Mineralien vor:

8 Glimmer-Formeln,

6 Feldspath-Formeln,

5 Epidot-Formeln,

1 Granat-Formel.

Ziehen wir auch den wegen seines äusseren Charakters hierhergehörigen Meerschaum in den Kreis dieser Betrachtung, so erhalten wir außerdem noch eine Augit- und eine Hornblende-Formel. Es ergiebt sich hieraus das interessante Resultat, daß in der Klasse der amorphen Silicate ganz ähnliche Verbindungen angetroffen werden, wie in der der krystallinischen, und daß diejenigen derselben, welche in dieser die häufigsten sind, auch in jener am häufigsten vorzukommen scheinen. Da nun ein großer Theil die-

ser amorphen Mineralien wohl kaum etwas anderes ist, als wofür er gehalten wird, nämlich ein Product der Zersetzung verschiedener Gebirgsarten, so sehen wir, daß die chemischen Naturprocesse unserer Tage Mineralkörper hervorzubringen im Stande sind, welche in gewisser Beziehung denen gleichen, die als Bestandtheile der älteren und ältesten Gebirgsglieder auftreten. Aber sowohl durch die krystallinische Ausbildung, als durch das seltnere und sparsamere Vorhandenseyn des basischen Wassers sind jene Producte der Urzeit im Allgemeinen wesentlich von denen der neuenen Zeit verschieden.

V. Die Formeln des Vivianit von Bodenmais, Mullicit und Vivianit von Isle de France können auf zwiefache Art geschrieben werden. Welche von beiden Betrachtungsweisen die richtige sey, wage ich für's Erste nicht zu entscheiden; beide können, vorausgesetzt, daß spätere Untersuchungen die Krystallform und Zusammensetzung dieser Mineralien bestätigen, zu wichtigen Schlüssen führen. Ist nämlich alles Wasser als basisches vorhanden, so läfst sich betrachten

	Säure	Base
Vivianit von Cornwall	{ als bestehend aus 20 At. u. 4 At.	
Kobaltblüthe		
Vivianit von Bodenmais	{ - - - - 20 - - 3 -	
Mullicit		
Vivianit v. Isle de France	- - - - 20 - - 2 -	

Krystallisiren diese Mineralien nun wirklich gleich, so würde sich hieraus ein neuer Beleg dafür ergeben, daß sich, in *gewissen* Fällen (hier also in Bezug auf Eisenoxydul, Phosphorsäure und Arseniksäure)¹⁾, die Krystallform durch verschiedene relative Mengen des elektropositiven und elektronegativen Bestandtheils nicht verändert. In einer früheren Abhandlung (dies. Ann., Bd. 68, S. 337) habe ich in dieser Beziehung bereits die Feldspathe, so wie den Speihs-

1) Für die Phosphate und Arseniate des *Kupferoxyds* braucht dies natürlich *nicht* zu gelten.

kobalt (CoAs^2) und Tesseralkies (CoAs^3) als Beispiele aufgestellt. Die Zahl dieser Beispiele kann aber noch beträchtlich vermehrt werden, wie ich bei einer späteren Gelegenheit zu zeigen gedenke. — Der Huraultit hat eine Krystallform, welche der des Vivianit nahe steht; bei ihm ist jenes Verhältnis $20 : 6$, passt also ebenfalls in die aufgestellte Reihe. — Betrachtet man dagegen einen Theil des Wassers in den betreffenden Mineralien als Hydratwasser, so würde sich daraus ergeben, daß eine zu einer Verbindung tretende gewisse Menge Hydratwasser in der Krystallform derselben keine Änderung hervorbringt. Auch für diesen Fall gibt es anderweitige Belege, welche ich der Kürze halber hier übergehen will.

VI. Da die Krystallform des Euchroit ganz ähnlich der des Olivenit und Libethenit, allein verschieden von der des Phosphorcalcits und Strahlerzes ist, und da die Formeln dieser beiden letzteren, $(\text{Cu})^{1.5}\text{P}^2\text{As}^2$, wegen der Quantität des vorhandenen Wassers, nicht anders geschrieben werden können, so scheint hieraus hervorzugehen, daß von den beiden Euchroit-Formeln, $(\text{Cu})^{1.5}\text{P}^2$ und $(\text{Cu})^{5}\text{P}+5\text{H}$, die letztere die wahrscheinlichere ist. Zugleich dürfte hierin ein Grund liegen, die Formel $(\text{R})^{5}\text{P}+5\text{H}$ auch beim Vivianit von Bodenmais für die richtigere anzusehen.

XV. Bemerkungen über die Darstellung des Ozons; von G. Osann.

1) Destillirtes Wasser wurde einer nochmaligen Destillation im Glas unterworfen. Das erste Viertel des Destillats wurde beseitigt, hierauf die Hälfte überdestillirt und das letzte Viertel in der Retorte gelassen. Das Destillat zeigte, den bekannten Reagentien ausgesetzt, keine Spur von salzsäuren, schwefelsäuren Salzen. — Es wurde nun einer Elektrolyse einer starken Grove'schen Säule ausge-

setzt. Da reines Wasser bekanntlich ein sehr schlechter Leiter ist, so hatten sich in anderthalb Stunden kaum 2 C. C. Knallgas entwickelt. In diesem konnte durch den Geruch keine Spur von Ozon wahrgenommen werden. Der selbe Versuch, drei Wochen später angestellt mit neu destillirtem Wasser, gab genau dasselbe Resultat. — Es wurden aus verdünnter Schwefelsäure 2 C. C. Knallgas entwickelt. In diesem war der Ozongeruch nicht zu erkennen.

2) Es wurde Wasserstoffgas bereitet durch Einwirkung von verdünnter Schwefelsäure auf Zink. Das Gas wurde durch eine Auflösung von essigsaurem Bleioxyd, dann durch Kalilauge, dann durch eine Flasche mit ausgeglühten Kohlen, und hierauf durch eine Glasröhre von anderthalb Fuß Länge, gefüllt mit Stücken von Chlorcalcium, geleitet. Das sich entwickelnde Wasserstoffgas war völlig ohne Geruch. Es wurde durch eine Glasflasche geleitet, welche mit drei Hälsen versehen war. Durch die erste Oeffnung wurde das Gas eingeleitet, durch die dritte ausgeleitet. Die mittelste wurde durch einen Stöpsel verschlossen. Durch den Stöpsel der ersten Oeffnung war ein Platindraht gesteckt, dessen im Glas befindliches Ende zugespitzt und nach oben gegen die mittlere Oeffnung zugekehrt war. Das außer dem Gläschen befindliche Ende des Platindrähts war bestimmt, mit dem Conductor einer Elektrisirmaschine in Verbindung gesetzt zu werden. Die dritte Oeffnung des Gläschens war mit einer sförmigen Gasleitungsröhre versehen, um das durchgeleitete Gas auffangen zu können. Es wurde nun eine Stunde lang Wasserstoffgas durch das Gläschen hindurchgeleitet. Nach Verlauf dieser Zeit wurden 14,6 C.C. davon in einer Verpuffungsröhre aufgefangen, und mit 7,3 C. C. Sauerstoffgas, dargestellt aus chlorsaurem Kali, gemengt und verpufft. Die Gase verschwanden, bis auf eine Menge, welche ich zu ½ C. C. anschlage. — Es ist begreiflich, daß diese so geringe Menge Gas keinen Einfluß auf die Darstellung des Ozons ausüben könnte. Jetzt wurde der Platindraht mit dem Conductor einer Elektrisirmaschine in leitende Verbindung gesetzt, während die Scheibe der-

selben gedreht wurde. Nachdem dies eine Zeit lang geschehen war, wurde der Stöpsel von der mittleren Oeffnung entfernt. — Es war Ozongeruch deutlich wahrzunehmen, und er wurde nicht schwächer befunden, als wenn die Flasche mit atmosphärischer Luft erfüllt gewesen wäre.

3) Bei der Erzeugung des Ozongeruchs mittelst der Elektrisirmaschine habe ich keinen Unterschied wahrnehmen können, ob die Elektricität aus zugespitzten Drähten von Platin, Kupfer, Messing oder Eisen ausströmte. — Hier ist ein wesentlicher Unterschied mit dem auf nassem Wege erzeugten.

Diese Versuche sind eben so wenig der Ansicht günstig, dass das Ozon eine Oxydationsstufe des Wasserstoffs sey, als dass es eine Oxydationsstufe des Stickstoffs sey. Noch immer drängt sich die Frage auf, ob der elektrische Ozongeruch und der auf chemische Weise hervorgebrachte ein und denselben Wesen angehören. — Wird man annehmen, dass, weil der Arsenik nach Knoblauch riecht, im Knoblauch Arsenik sey?

Würzburg, 25. März 1847.

XVI. Ueber die Wärmemengen in Metallgemischen; vom verstorbenen Rudberg.

[Die nachstehende aphoristische Notiz wurde mir von dem der Wissenschaft leider viel zu früh entrissenen Rudberg einige Jahre vor seinem beklagenswerthen Tode (1839, Juni 14) brieflich mitgetheilt. Als nicht für die Oeffentlichkeit bestimmt, bewahrte ich sie zu seinem Andenken im Pulte, hoffend es werde sein literarischer Nachlass mit der Zeit dem Drucke vollständig übergeben werden. Da dies aber seitdem nicht geschehen ist, und mir die Notiz noch jetzt, besonders in Bezug auf die neueren Arbeiten von Person (Ann., Bd. 70, S. 300, 302, 388), werthvoll zu seyn scheint, so habe ich geglaubt sie im Interesse der Wissenschaft nicht länger liegen lassen zu dürfen P.]

A) *In einer Legirung von zwei Metallen, deren Abkühlung regulär geschieht, d. h. in einer chemischen Legirung, enthält jedes der Metalle, vom Schmelzpunkt der Legirung*

an bis zu seinem eignen Schmelzpunkt, gleich viel Wärme. Bezeichnen demnach M' , M'' die Gewichte der Metalle, c' , c'' ihre specifischen Wärmen, τ' , τ'' ihre Schmelzpunkte und τ den Schmelzpunkt der Legirung, so hat man:

$$M'fc'dt = M''fc''dt \dots \dots \dots (A)$$

worin $fc'dt$ von τ bis τ' , und $fc''dt$ von τ bis τ'' zu nehmen ist.

Setzt man zuvörderst die specifische Wärme constant, so wird diese Gleichung:

$$M'c'(\tau' - \tau) = M''c''(\tau'' - \tau) \dots \dots \dots (B)$$

und nimmt man ferner an, das Dulong'sche Gesetz der umgekehrten Proportionalität zwischen specifischer Wärme und Atomgewicht sey streng richtig, erwägend dabei, daß, wenn π' , π'' die Atomgewichte der Metalle bezeichnen, $M' : M'' :: \pi' : n\pi''$ ist, so hat man angenähert:

$$\tau' - \tau = n(\tau'' - \tau) \dots \dots \dots (C)$$

Hiebei ist jedoch zu berücksichtigen, daß n nur bei den Metallen, bei denen das Product aus der specifischen Wärme in das Atomgewicht geradezu = 37,632 ist, das Atomgewicht ausdrückt, bei den anderen Metallen aber, bei welchen die specifische Wärme mit einer einfachen Zahl r multiplicirt werden muß, z. B. beim Wismuth und Cadmium, auch diese Zahl mit enthalten muß.

Die Temperaturen müssen übrigens auf das Luftthermometer reducirt werden. Die Temperaturen, welche ich hier anführe, sind indes noch alle mit einem sorgfältig angefertigten und geprüften Quecksilberthermometer gemacht worden, und es können seine Angaben nicht streng richtig seyn, da seine Röhre natürlich außerhalb der Masse stand, deren Temperatur bestimmt wurde. Hier die Beobachtungen:

1) Zinnblei, Sn ³ Pb.			
Schmelzpunkt des Sn	= 228°,5	des Pb	= 326°,0
der Legir.	= 182,5		= 182,5
	<hr/>		<hr/>
	46°,0		143°,5

Nach der Gleichung (C) sollte seyn: $3 \times 46^{\circ},0 = 143^{\circ},5$.

(2) **Zinnwismuth, Sn Bi.**
 Schmelzpunkt des Sn = 228°,5, des Bi = 268°,3
 der Legir. = 136°,4 = 136°,4
 $\frac{2}{3} \times 228°,5 + \frac{1}{3} \times 268°,3 = 136°,4$
 $92°,1 + 131°,9 = 136°,4$

Da beim Wismuth die specifische Wärme nur $\frac{2}{3}$ von dem ist, was sie nach dem Dulong'schen Gesetz seyn sollte, so hat man nach Gleichung (C): $92°,1 = \frac{2}{3} \times 131°,9$.

3) **Zinn-Kadmium, Sn² Cd.**

Schmelzpunkt des Sn = 228°,5, des Cd = 320°,0
 der Legir. = 173°,75 = 173°,75
 $\frac{2}{3} \times 228°,5 + \frac{1}{3} \times 320°,0 = 173°,75$
 $54°,75 + 146°,25 = 173°,75$

Auch hier muss der Factor $\frac{2}{3}$ eintreten, also hätte man nach Gleichung (C): $54°,75 = \frac{2}{3} \cdot 146°,25$.

4) **Wismuth-Kadmium, Bi³ Cd².**

Schmelzpunkt des Bi = 268°,3, des Cd = 320°,0
 der Legir. = 146°,3 = 146°,3
 $\frac{2}{3} \times 268°,3 + \frac{1}{3} \times 320°,0 = 146°,3$
 $122°,0 + 173°,7 = 146°,3$
 nach Gleichung (C) hätte man: $\frac{2}{3} \times 3 \times 122°,0 = \frac{2}{3} \times 2 \times 173°,7$.

5) **Wismuth-Blei, Bi² Pb.**

Schmelzpunkt des Bi = 268°,3, des Pb = 326°,0
 der Legir. = 125°,3 = 125°,3
 $\frac{2}{3} \times 268°,3 + \frac{1}{3} \times 326°,0 = 125°,3$
 $143°,0 + 200°,7 = 125°,3$

nach Gleichung (C) wäre: $\frac{2}{3} \times 2 \cdot 143°,0 = 200°,7$.

Die Uebereinstimmungen können nicht vollkommen seyn, weil die Quecksilberthermometer nicht wahre Temperaturen angeben und die specifischen Wärmemengen etwas veränderlich sind; aber sie nähern sich doch sehr der Vollkommenheit.

B) In einer ternären Legirung, worin M' , M'' die Gewichte der elektropositiven Metalle und M''' das Gewicht des elektronegativen Metalls, scheint ebenfalls

$$M' f c' dt + M'' f c'' dt = M''' f c''' dt,$$

d. h. die Summe der Wärmemengen der elektropositiven Metalle gleich zu seyn der Wärmemenge des elektronegativen Metalls. So z. B. ist für die von Svanberg untersuchte

ternäre Legirung Zinn-Zink-Blei = $ZnSn^3 + 2PbSn^3$ oder
 $Zn + Pb^2 + Sn^9$, der Schmelzpunkt

d. Zinks = 400°,0	d. Bleis = 326°,0	d. Zinns = 228°,5
d. Legir. = 168 ,0	= 168 ,0	= 168 ,0
232°,0	158 ,0	60°,5

und angenähert sollte seyn:

$$232°,0 + 2 \times 158 ,0 = 9 \times 60°,5.$$

Sie sehen, die Sache ist der Aufmerksamkeit nicht ganz unwerth.

Uppsala, 20. Juli 1836.

XVII. Ueber die Cohäsion des Wassers; briefliche Mittheilung von C. Holtzmann.

Im LXX. Bande Ihrer Annalen, S. 481, hat C. Brunner Untersuchungen über die Cohäsion der Flüssigkeiten bei verschiedenen Temperaturen mitgetheilt, wobei er als Maafs der Cohäsion das Gewicht der in einer capillaren Röhre gehobenen Flüssigkeit betrachtete, oder, wegen der geringen Aenderung der Dichte, auch nur die Höhe der gehobenen Flüssigkeit. Er fand dabei, dass in einer Röhre von 1 Millim. Radius die Höhe H des getragenen Flüssigkeitscylinders für Wasser $15,33215 - 0,0286396 \cdot t$ Millim. betrage, wobei t die Temperatur nach der 100 theiligen Scale bedeutet. Die Höhe des getragenen Flüssigkeitscylinders in einer anderen Röhre (immer den Meniscus auf Cylinderhöhe reducirt) wird dann $\frac{H}{\alpha}$, und das Gesetz der Cohäsion des Wassers, wie es in obiger Formel ausgedrückt ist, gilt daher unabhängig von dem Radius der Röhre, nur wird das Maafs für jede andere Röhre ein anderes.

In meiner Abhandlung über die »Wärme und Elasticität der Gase und Dämpfe, Mannheim bei Löffler 1845,« habe ich gezeigt, dass wenn man die Arbeit, welche der Wärme der Wasserdämpfe aequivalent ist, vergleicht mit

der Arbeit, welche bei der Dampfbildung in der That geleistet wird, dass dann ein Rest von Arbeit oder lebender Kraft übrig bleibt, welche bei diesem Uebergange aus dem tropfbarflüssigen in den elastischflüssigen Zustand verloren geht, welcher also zur Ueberwindung eines besonderen Widerstandes verwendet werden muss; als solchen habe ich dort (S. 35 und 36) die *Cohäsion* der Flüssigkeiten bezeichnet, und gezeigt, dass wenn man die lebendige Kraft, oder die Wärme, welche zur Aufhebung dieser *Cohäsion* erforderlich ist, als Maas derselben betrachtet, die *Cohäsion* abnimmt, wie die Temperatur zu; ich habe ferner die *Cohäsion* des Wassers berechnet, und sie gleich gefunden mit (S. 36):

$$607 - 1,1394 \cdot t,$$

wo die Temperatur nach der 100theiligen Scale vom Eispunkte an gezählt ist, wie bei Brunner.

Sehen wir nun wie diese beiden Formeln für die *Cohäsion* des Wassers übereinstimmen. Bei Brunner ist für 0° als Maas der *Cohäsion* des Wassers die Zahl 15,33215 angenommen, bei mir 607. Reducire ich nun mein Maas auf das Brunner'sche, indem ich meine Formel mit

$$\frac{15,33215}{607} \text{ multiplicire, so erhalte ich:}$$

$$15,33215 - 0,028779 \cdot t,$$

während Brunner fand:

$$15,33215 - 0,0286396 \cdot t.$$

Diese Uebereinstimmung ist gewifs grösser, als man aus der Verschiedenheit der Wege, auf denen wir zu diesen Resultaten gelangten, vermuthen konnte. Der Eine von uns untersuchte die Erscheinungen in capillaren Röhren, der Andere betrachtete die Erfahrungen, welche man über die Elasticität der Gase und Dämpfe und über die latente Wärme der letzteren gesammelt hatte; eine grössere Verschiedenheit der Untersuchungen giebt es auf den ersten Blick nicht, und doch haben beide auf dasselbe Resultat geführt; gewifs eine nur seltene Erscheinung in den Wissenschaften, und gewifs auch eine gewichtige Bestätigung des Endresultats.

Albbruch, den 11. Juni 1847.